

POWERED BY **Dialog**

Planar type galvano-mirror with mirror displacement detection function for laser optic scanning devices - has moving plate and torsion bar formed integrally with silicon substrate and uses coils under moving plate to detect mirror angle

Patent Assignee: ESASHI M; NIPPON SIGNAL CO LTD; NIPPON SHINGO KK

Inventors: ASADA N; ESASHI M

Patent Family

Patent Number	Kind	Date	Application Number	Kind	Date	Week	Type
WO 9520774	A1	19950803	WO 95JP66	A	19950123	199536	B
TW 255064	A	19950821	TW 95100772	A	19950127	199543	
EP 692729	A1	19960117	EP 95906502	A	19950123	199608	
			WO 95JP66	A	19950123		
US 5767666	A	19980616	WO 95JP66	A	19950123	199831	
			US 95530103	A	19950926		
EP 692729	A4	19970101	EP 95906502	A	19950123	199841	
KR 232692	B1	19991201	WO 95JP66	A	19950123	200111	
			KR 95704213	A	19950929		
EP 692729	B1	20030409	EP 95906502	A	19950123	200325	
			WO 95JP66	A	19950123		
DE 69530248	E	20030515	DE 630248	A	19950123	200340	
			EP 95906502	A	19950123		
			WO 95JP66	A	19950123		

Priority Applications (Number Kind Date): JP 949824 A (19940131)

Cited Patents: DE 3237068; GB 2075762; GB 2108081; JP 1195417; JP 1257916; JP 1297617; JP 4211218; JP 5060993; JP 56140316; JP 58073802; JP 63225217; US 4421381 ; US 4466582 ; No-Citns.

Patent Details

Patent	Kind	Language	Page	Main IPC	Filing Notes
WO 9520774	A1	J	62	G02B-026/10	
Designated States (National): KR US					
Designated States (Regional): AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE					
TW 255064	A			H01S-003/025	
EP 692729	A1	E	40	G02B-026/10	Based on patent WO 9520774
Designated States (Regional): DE FR					
US 5767666	A			G01R-013/38	Based on patent WO 9520774

EP 692729	A4			G02B-026/10	
KR 232692	B1			G02B-026/10	
EP 692729	B1	E		G02B-026/10	Based on patent WO 9520774
Designated States (Regional): DE FR					
DE 69530248	E			G02B-026/10	Based on patent EP 692729
					Based on patent WO 9520774

Abstract:

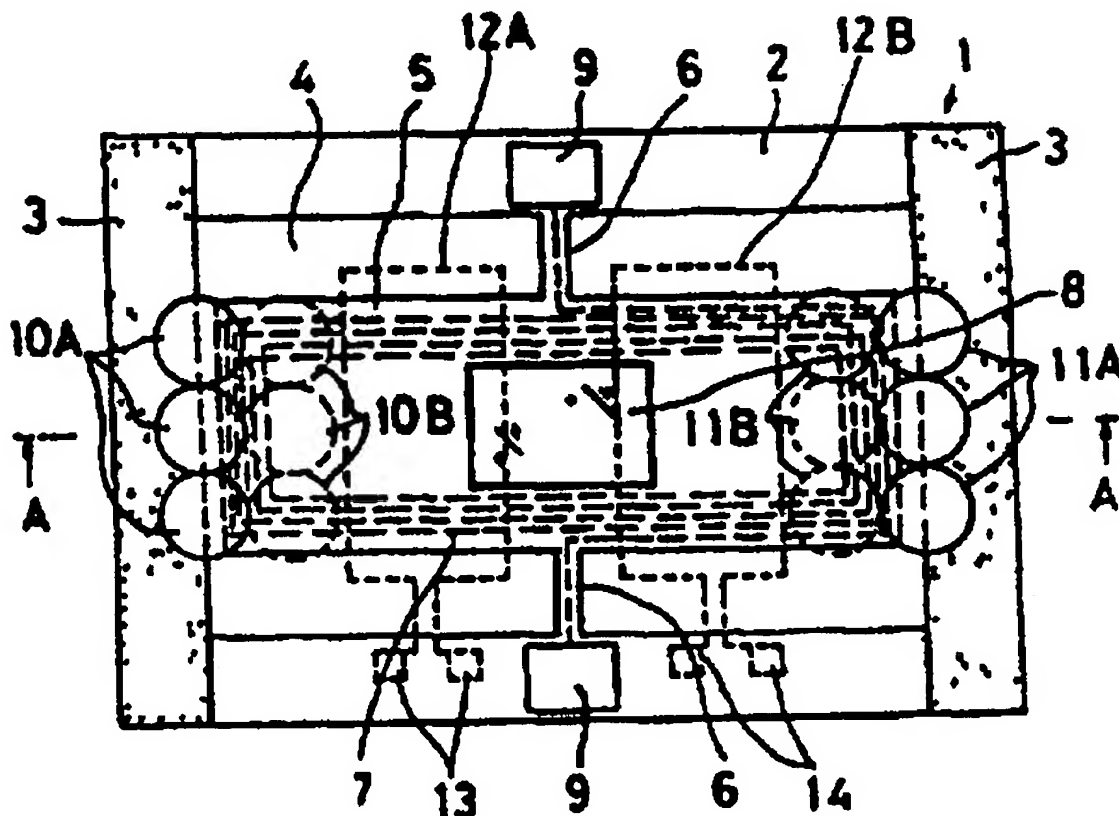
WO 9520774 A

The galvanomirror has a moving plate (5) supported on either side by a torsion bar (6), formed integrally on a silicon substrate (2) by a semiconductor process. A planar coil (7) and a mirror (8) are provided on the upper surface of the moving plate. Sets of permanent magnets (10A,11A,10B,11B) with their poles similarly orientated are fixed above and below the planar coil. The swing angle of the moving plate is controlled by the balance between magnetic and torsional force.

Detection coils (12A,12B) are arranged below the moving plate. The detection current from these coils is superimposed on the planar coil drive current and the mirror displacement angle is obtained from the relative inductance variation between planar coil and detection coils.

ADVANTAGE - Precise, compact and easy to mfr.

Dwg.3/26



Derwent World Patents Index

© 2005 Derwent Information Ltd. All rights reserved.

Dialog® File Number 351 Accession Number 10374162

PCT

世界知的所有権機関

国際事務局

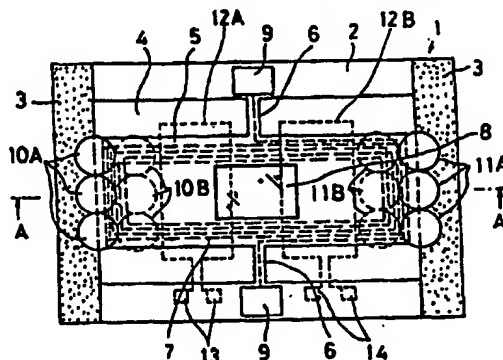
特許協力条約に基づいて公開された国際出願



(51) 国際特許分類6 G02B 26/10	A1	(11) 国際公開番号 WO95/20774 (43) 国際公開日 1995年8月3日(03.08.95)
(21) 国際出願番号 PCT/JP95/00066 (22) 国際出願日 1995年1月23日(23.01.95) (30) 優先権データ 特願平6/9824 1994年1月31日(31.01.94) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 日本信号株式会社(THE NIPPON SIGNAL CO., LTD.)(JP/JP) 〒100 東京都千代田区丸の内三丁目3番1号 Tokyo, (JP) (71) 出願人; および (72) 発明者 江刺正喜(ESASHI, Masayoshi)(JP/JP) 〒982 宮城県仙台市太白区八木山南1-11-9 Miyagi, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 浅田規裕(ASADA, Norihiro)(JP/JP) 〒338 埼玉県浦和市上木崎一丁目13番8号 日本信号株式会社 与野事業所内 Saitama, (JP)	(74) 代理人 弁理士 笹島富二雄(SASAJIMA, Fujio) 〒105 東京都港区虎ノ門一丁目19番5号 虎ノ門1丁目森ビル Tokyo, (JP) (81) 指定国 KR, US, 欧州特許(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). 添付公開書類 国際調査報告書	

(54) Title : PLANAR TYPE GALVANOMIRROR HAVING A DISPLACEMENT DETECTING FUNCTION AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

(54) 発明の名称 変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラー及びその製造方法



(57) Abstract

The present invention relates to a small-sized thin galvanomirror for detecting the displacement angle of a mirror, which is produced by a semiconductor process. By using a semiconductor process, a movable plate (5) and a torsion bar (6) for supporting this movable plate (5) are integrally formed on a silicon substrate (2), and a planar coil (7) and a total reflection mirror (8) are formed on the upper surface of the movable plate (5). Permanent magnets (10A, 10B) and (11A, 11B) for generating magnetic fields are fixedly disposed on the planar coil (7) to thereby control the amount and direction of current to be conducted to the planar coil (7) so as to variably control the swinging angle of the movable plate (5) through the balance between a magnetic force generated and a torsional force by the torsion bar (6). Furthermore, detecting coils (12A, 12B) are provided below the movable plate (5) to thereby cause a detection current to flow to the planar coil (7) by superposing it on a driving current, whereby the detection of a displacement angle of the mirror is performed through the relative inductance variation between the planar coil (7) and the detection coils (12A, 12B) based on this detection current.

(57) 要約

本発明は、半導体製造技術を用いて製造した薄型及び小型で且つミラーの変位角を検出できるガルバノミラーに関する。

半導体製造技術を用い、シリコン基板 2 に、可動板 5 とこの可動板 5 を軸支するトーションバー 6 とを一体形成し、可動板 5 上面に平面コイル 7 と全反射ミラー 8 を形成すると共に、平面コイル 7 に磁界を作用させる永久磁石 10A, 10B 及び 11A, 11B を固定配置して構成し、平面コイル 7 に流す電流量及び電流方向を制御して、発生する磁気力とトーションバー 6 の振り力とのバランスで可動板 5 の揺動角度を可変制御する。更に、可動板 5 の下方に検出コイル 12A, 12B を設け、平面コイル 7 に駆動電流に重畳させて検出電流を流し、この検出電流に基づく平面コイル 7 と検出コイル 12A, 12B との間の相互インダクタンス変化によってミラーの変位角検出を行う。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AM	アルメニア	EE	エストニア	LK	スリランカ	RU	ロシア連邦
AT	オーストリア	ES	スペイン	LR	リベリア	SE	スウェーデン
AU	オーストラリア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SG	シンガポール
BB	バルバドス	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SI	スロベニア
BE	ベルギー	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SK	スロバキア共和国
BG	ブルガリア	GB	イギリス	MC	モナコ	SN	セネガル
BJ	ベナン	GE	グルジア	MD	モルドバ	SZ	スワジランド
BR	ブラジル	GN	ギニア	ML	マリ	TD	チャド
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ	MN	モンゴル	TG	トーゴ
CA	カナダ	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	TJ	タジキスタン
CF	中央アフリカ共和国	IS	アイスランド	MW	マラウイ	TM	トルクメニスタン
CG	コンゴ	IT	イタリア	MX	メキシコ	TT	トリニダード・トバゴ
CH	スイス	JP	日本	NE	ニジェール	UA	ウクライナ
CI	コート・ジボアール	KE	ケニア	NL	オランダ	UG	ウガンダ
CM	カメルーン	KG	キルギスタン	NO	ノルウェー	US	米国
CN	中国	KP	朝鮮民主主義人民共和国	NZ	ニュージーランド	UZ	ウズベキスタン共和国
CZ	チェコ共和国	KR	韓国	PL	ポーランド	VN	ベトナム
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	LI	リヒテンシュタイン	RO	ルーマニア		

明 細 書

変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラー及びその製造方法

〔技術分野〕

本発明は、例えばレーザ光のスキヤニングシステム等に適用するガルバノミラーに関し、特に、レーザ光をスキャンする反射鏡の変位検出を可能とする極めて小型のプレーナー型ガルバノミラー及びその製造方法に関する。

〔背景技術〕

ガルバノミラーは、レーザ光を偏向走査するレーザスキャナ等にご利用されるもので、その原理は、磁界中に配置した可動コイルに電流を流すと、電流と磁束とに関連して電磁力が発生して電流に比例した回転力（トルク）が生じる。このトルクとバネ力とが平衡する角度まで可動コイルが回転し、この可動コイルを介して指針を振らせて電流の有無や大小を検出するというガルバノメータの原理を利用したもので、可動コイルと一体に回転する軸に、前記指針の代わりに反射鏡を設けて構成される。

そして、従来の実用的なガルバノミラーとしては、例えば、磁界中に配置する可動コイルの代わりに可動鉄片を用い、その周囲に2つの永久磁石と4つの磁極を設けた磁性体とで磁路を構成し、前記磁性体に巻回した駆動コイルに流す電流の大小及び方向によって磁極間の磁束を変化させることにより、可動鉄片を介して反射鏡を回転させ、レーザ光を偏光走査するようにしたものがある（例えば、共立出版株式会社「実用レーザ技術」、P 210～212、1987年12月10日発行、等参照）。

しかし、上記の構成のガルバノミラーでは、駆動コイルが機械巻き等であることから小型化することが難しい。

そこで、かかるガルバノミラーの小型化を図った技術として、例

えば特開平 4 - 2 1 1 2 1 8 号公報等に開示されたものがある。

このものは、枠部分と、反射鏡部分及び枠に反射鏡部分を軸支するビーム部分を、シリコン基板を用い半導体製造プロセスを利用して一体的に成形したもので、これらシリコン基板で形成した部分を、反射鏡部分を回動駆動するための電極を設けたガラス基板上に配置し、反射鏡部分と前記電極間に作用する静電引力を利用して反射鏡を回動駆動するように構成されている。そして、ガルバノミラーの小型化を損なうことなく小さい駆動力で板状部材を駆動させることを目的として、前記ビーム部分を S 字状にすることで少ないスペースに長いビームを形成し、そのねじり剛性を小さくするようにしている。

ところで、ガルバノミラーでは、オープンループでミラーの変位角を制御するのが一般的であるが、ミラーの変位角を検出し、その検出信号をミラーの駆動系にフィードバックすることでミラーの変位角を高精度に制御することができる。そして、上述のようなプレーナー型ガルバノミラーにおけるミラーの変位角検出方法としては、第 1 図に示すような光式と第 2 図に示すような静電容量式等が考えられる。

第 1 図の光式では、軸 51 を中心に回動する反射鏡 52 の裏面側の中心位置に、例えば光ファイバ 53 等を用いて光ビームを当て、その反射光をガラス基板 54 側に設けた P S D 55 で受光する。そして、反射鏡 52 の角度変位に伴う反射光の P S D 55 への入射位置 X の変化を検出して反射鏡 52 の変位角 ϕ を検出する。尚、前記入射位置 X は、ガラス基板 54 から水平位置にある反射鏡 52 までの距離を L、水平位置にある反射鏡 52 と光ファイバ 53 からの光ビームとのなす角を θ とした時に、 $X = L / \tan(\theta + \phi)$ として表される。

この方法では、光路が短いため光ビームのパワーの減衰が少なく検出信号を大きくできる等の利点があるが、光路が短いため光ビー

ム径を可能な限り絞らないと最小検出角度（反射鏡の角度検出の分解能）が制限される、入射光ビームの角度と軸合わせが難しい、超薄型のPSDが必要である等の欠点を有する。

また、第2図の静電容量式では、反射鏡52の裏面側に軸51に対して対称位置に電極56A, 57Aを設け、ガラス基板54側に前記電極56A, 57Aと対をなす電極56B, 57Bを設けて、コンデンサC1, C2を構成し、反射鏡52の角度変位に伴う両コンデンサC1, C2の容量差に基づいて反射鏡52の変位角を検出する。

この方法では、反射鏡52の単位角度当たりの変位量に対してコンデンサC1, C2のギャップ（ガラス基板54と水平位置にある反射鏡52との距離L）が極めて大きく、反射鏡52の角度変化に対するコンデンサC1, C2の容量変化分が小さく、やはり反射鏡の角度検出の分解能が制限されること、反射鏡52の裏面の電極56A, 57Aから配線を引き出す必要があり反射鏡部分の製造が面倒である等の欠点を有する。

本発明は上記の事情に鑑みなされたもので、半導体製造プロセスを利用したプレーナー型ガルバノミラーにおけるミラーの変位を、コイル間の電磁結合による相互インダクタンス変化に変換して検出させることにより、反射鏡の角度変位を高分解能で検出可能にすると共に、製造プロセスの容易な変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラーを提供することを目的とする。また、このような変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラーの製造方法を提供することを目的とする。

〔発明の開示〕

このため本発明の変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラーでは、半導体基板に、平板状の可動板と該可動板を半導体基板に対して基板上下方向に揺動可能に軸支するトーションバーとを一体形成し、前記可動板の上面周縁部に可動板駆動用電流の通電によ

り磁界を発生する平面コイルを敷設し、該平面コイルで囲まれる上面中央部に反射鏡を設ける一方、前記トーションバーの軸方向と平行な可動板の対辺の平面コイル部に磁界を作用させる互いに対をなす磁石を固定すると共に、前記可動板下方に、前記平面コイルと電磁結合可能で前記可動板の変位を検出するための複数の検出コイルを設け、これら検出コイルを前記トーションバーに対して略対称位置に配置し、前記平面コイルに可動板駆動用電流に重畳して変位検出電流を流すよう構成した。

かかる構成によれば、可動板の回動により平面コイルと検出用コイル間の距離が変化し、この距離変化によって両コイル間の相互インダクタンスが変化するので、反射鏡の変位角の変化をインダクタンス変化として抽出することができる。そして、検出コイルの巻数に応じて相互インダクタンスの検出値が変化するので、反射鏡の変位角の検出分解能に合わせて検出コイルの巻数を設定すれば、反射鏡の変位角変化を高分解能で検出することが可能である。また、反射鏡側には何ら新たに付加するものはなく製造が容易となる。

また、可動板が、第1のトーションバーで半導体基板に対して軸支される棒状の外側可動板と、前記第1のトーションバーと軸方向が直交する第2のトーションバーで前記外側可動板の内側に軸支される内側可動板とからなり、前記外側可動板の上面に第1の平面コイルを設け、前記内側可動板の上面周縁部に第2の平面コイルを設けると共に、当該第2の平面コイルで囲まれた内側可動板中央部に前記反射鏡を設ける構成とし、前記検出コイルを、第1及び第2のトーションバーに対してそれぞれ対称位置に配置される構成とする
とよい。

このように、内外2つの可動板を互いに直交するトーションバーで軸支する構成とすることにより、レーザ光の偏光走査を2次元で行うことができレーザ光等のスキャン領域を拡大できる。

また、前記磁石は、半導体基板の上下面にそれぞれ上側基板と下側基板を設けてこれら両基板にそれぞれ固定する構成とするとよい。

また、上側基板と下側基板とで、可動板収納空間を密閉構造として真空封止すれば、可動板の空気による揺動抵抗をなくすことができるようになり、可動板の振幅を大きくすることができる。

また、可動板収納空間を密閉構造として不活性ガス（ヘリウム、アルゴン等）を封入するようになれば、可動板の変位量を大きくするべく平面コイルに流す駆動電流を大きくした場合に、平面コイルの発熱の影響を真空の場合に比べて低減できる。

また、上下基板中央部に溝を設けて、可動板収納空間を形成するようになれば、可動板を揺動させるための可動板収納空間を確保するための半導体基板側の加工工程を省略することができる。

また、磁石は永久磁石を用いるとよい。

また、本発明の変位検出機能を備えたガルバノミラーの製造方法では、半導体基板のトーションバー形成部分を除いて基板の下面から上面に向けて異方性エッチングより貫通させて前記トーションバー部分で半導体基板に揺動可能に軸支される可動板を形成する工程と、可動板上面周囲に電解めっきにより平面コイルを形成する工程と、平面コイルで囲まれた可動板中央部にアルミニウムの蒸着により反射鏡を形成する工程と、半導体基板の上下面に陽極接合により下側基板と少なくとも可動板上方部分が光の通過が可能な構造の上側基板とを固定する工程と、トーションバー軸方向と平行な可動板の対辺に対応する上側基板部分と下側基板部分に磁石を固定する工程と、下側基板の所定位置に検出コイルを形成する工程とからなることを特徴とする。

また、このガルバノミラーの製造方法において、平面コイルを形成する工程では、電鍍コイル法を用いるとよい。

即ち、半導体基板上にスパッタリングでニッケル層を形成した後、

ニッケル層上に電解めっき又はスパッタリングによって銅層を形成し、次いで、平面コイル部分に相当する部分をマスクして銅エッチング及びニッケルエッチングを順次行い、次いで、前記マスクを除去した後にコイルパターン上に銅電解めっきを行うようにする。

かかる方法により平面コイルを形成すれば、薄膜のコイルを低抵抗で高密度に実装することができるようになる。

〔図面の簡単な説明〕

第1図は光式変位角検出の例を示す図である。

第2図は静電容量式変位角検出の例を示す図である。

第3図は本発明に係るガルバノミラーの第1実施例を示す構成図である。

第4図は第1図のA-A線矢視断面図である。

第5図は同上第1実施例のガルバノミラーの動作原理を説明する図である。

第6図は同上第1実施例の検出コイル出力に基づく変位検出回路の一例を示す回路図である。

第7図は相互インダクタンスと変位角との関係の計算結果の例を示す図である。

第8図は永久磁石による磁束密度分布の計算モデル図である。

第9図は計算した磁束密度分布位置を示す図である。

第10図は第9図に示す位置の磁束密度分布の計算結果を示す図である。

第11図(A)～(C)は可動板の変位量と電流量との計算結果を示すグラフである。

第12図はトーションバー及び可動板の撓み量の計算モデル図である。

第13図は変位角検出電流のミラー変位に与える影響を説明するための図である。

第14図(a)～(1)は第1実施例の製造工程の説明図である。

第15図は本発明に係るガルバノミラーの第2実施例の構成を示す斜視図である。

第16図(a)～(1)は第2実施例の製造工程の説明図である。

第17図(a)～(c)は第2実施例の下側ガラス基板の製造工程の説明図である。

第18図は本発明に係るガルバノミラーの第3実施例の構成を示す平面図である。

第19図は第18図のB-B線矢視断面図である。

第20図は第18図のC-C線矢視断面図である。

第21図は2軸の場合の内側及び外側可動板の直流コイル電流と変位角との関係を示す測定データである。

第22図は外側可動板の振れの周波数特性を示す測定データである。

第23図は内側可動板の振れの周波数特性を示す測定データである。

第24図は内側及び外側可動板の各共振周波数の交流コイル電流と変位角の関係を示す測定データである。

第25図は内側可動板の真空中と大気中における交流コイル電流と変位角の関係を示す測定データである。

第26図は可動板の変位角と検出コイル出力電圧との関係を示す測定データである。

〔発明を実施するための最良の形態〕

以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

第3図及び第4図に本発明に係るプレーナー型ガルバノミラーの第1実施例を示す。これはトーションバーが1軸の場合の例である。

第3図及び第4図において、ガルバノミラー1は、半導体基板であるシリコン基板2の上下面に、それぞれ例えばホウケイ酸ガラス等からなる上側及び下側絶縁基板としての平板状の上側及び下側ガラス基板3, 4を陽極接合した3層構造となっている。前記上側ガ

ラス基板 3 は、後述する可動板 5 上方部分を開放するようシリコン基板 2 の第 3 図の左右端に積層されている。

前記シリコン基板 2 には、平板状の可動板 5 と、この可動板 5 の中心位置でシリコン基板 2 に対して基板上下方向に揺動可能に可動板 5 を軸支するトーションバー 6、6 とが半導体製造プロセスにおける異方性エッチングによって一体形成されている。従って、可動板 5 及びトーションバー 6 もシリコン基板 2 と同一材料からなっている。前記可動板 5 の上面周縁部には、可動板 5 駆動用の駆動電流と、この駆動電流に重畳する変位角検出用の検出電流とを流すための銅薄膜からなる平面コイル 7 が、絶縁被膜で覆われて設けられている。前記検出電流は、下側ガラス基板 4 に後述するように設けられる検出コイル 12A、12B との相互インダクタンスに基づいて可動板 5 の変位を検出するためのものである。

ここで、コイルは抵抗分によってジュール熱損失があり抵抗の大きな薄膜コイルを平面コイル 7 として高密度に実装すると発熱により駆動力が制限されることから、本実施例では、従来公知の電解めっきによる電鍍コイル法によって前記平面コイル 7 を形成してある。電鍍コイル法は、基板上にスパッタで薄いニッケル層を形成し、このニッケル層の上に電解めっき又はスパッタにより銅層を形成し、コイルに相当する部分を除いて銅層及びニッケル層を除去し、このコイルパターン上に銅電解めっきを行って薄膜の平面コイルを形成するもので、薄膜コイルを低抵抗で高密度に実装できる特徴があり、マイクロ磁気デバイスの小型化・薄型化に有効である。また、可動板 5 の平面コイル 7 で囲まれる上面中央部には、反射鏡としての全反射ミラー 8 がアルミニウム蒸着により形成されている。更に、シリコン基板 2 のトーションバー 6、6 の側方上面には、平面コイル 7 とトーションバー 6 の部分を介して電氣的に接続する一対の電極端子 9、9 が設けられており、この電極端子 9、9 は、シリコン基

板 2 上に電鑄コイル法により平面コイル 7 と同時形成される。

上側及び下側ガラス基板 3, 4 の図中左右側には、前記トーションバー 6, 6 の軸方向と平行な可動板 5 の対辺の平面コイル 7 部分に磁界を作用させる互いに対をなす円形状の永久磁石 10A, 10B と 11A, 11B が設けられている。上下の互いに対をなす各 3 個ずつの永久磁石 10A, 10B は、上下の極性が同じとなるよう、例えば第 3 図に示すように、下側が N 極、上側が S 極となるよう設けられる。また、他方の各 3 個ずつの永久磁石 11A, 11B も、上下の極性が同じとなるよう、例えば第 3 図に示すように、下側が S 極、上側が N 極となるよう設けられている。そして、上側ガラス基板 3 側の永久磁石 10A と 11A 及び下側ガラス基板 4 側の永久磁石 10B と 11B は、第 3 図からも判るように、互いに上下の極性が反対となるように設けられる。

また、前述したように、下側ガラス基板 4 の下面には、平面コイル 7 と電磁結合可能に配置され各端部がそれぞれ対をなす電極端子 13, 14 に電氣的に接続された前述の一对の検出コイル 12A, 12B がパターンニングされて設けられている（尚、第 3 図では、模式的に 1 本の破線で示したが複数巻回してある）。検出コイル 12A, 12B は、トーションバー 6, 6 に対して対称位置に配置されて可動板 5 の変位角を検出するもので、平面コイル 7 に駆動電流に重畳して流す検出電流に基づく平面コイル 7 と検出コイル 12A, 12B との相互インダクタンスが、可動板 5 の角度変位により一方が接近して増加し他方が離間して減少するよう変化するの、例えば相互インダクタンスに基づいて出力される電圧信号の変化を差動で検出することにより可動板 5 の変位角が検出できる。

次に、第 1 実施例の動作について説明する。

例えば、一方の電極端子 9 を + 極、他方の電極端子 9 を - 極として平面コイル 7 に電流を流す。可動板 5 の両側では、永久磁石 10A

10

と10B、永久磁石11Aと11Bによって、第5図の矢印で示すような可動板5の平面に沿って平面コイル7を横切るような方向に磁界が形成されており、この磁界中の平面コイル7に電流が流れると、平面コイル7の電流密度と磁束密度に応じて平面コイル7、言い換えれば可動板5の両端に、電流・磁束密度・力のフレミングの左手の法則に従った方向（第5図の矢印で示す）に磁気力Fが作用し、この力はローレンツ力から求められる。

この磁気力Fは、平面コイル7に流れる電流密度を*i*、上下の永久磁石による磁束密度をBとすると、下記の(1)式で求められる。

$$F = i \times B \quad \cdot \cdot \cdot \quad (1)$$

実際には、平面コイル7の巻数*n*と、磁気力Fが働くコイル長*w*（第5図中に示す）により異なり、下記の(2)式のようになる。

$$F = n w (i \times B) \quad \cdot \cdot \cdot \quad (2)$$

一方、可動板5が回転することによりトーションバー6、6が振じられ、これによって発生するトーションバー6、6のばね反力F'と可動板5の変位角φの関係は、下記の(3)式のようになる。

$$\begin{aligned} \phi &= (M_x / G I_p) \\ &= (F' L / 8.5 \times 10^9 r^4) \times l_1 \quad \cdot \cdot \cdot \quad (3) \end{aligned}$$

ここで、*M_x* は振りモーメント、*G* は横弾性係数、*I_p* は極断面二次モーメントである。また、*L*、*l₁*、*r* は、それぞれ、トーションバーの中心軸から力点までの距離、トーションバーの長さ、トーションバーの半径であり、第5図に示してある。

11

そして、前記磁気力 F とばね反力 F' が釣り合う位置まで可動板 5 が回転する。従って、(3) 式の F' に(2) 式の F を代入することにより、可動板 5 の変位角 ϕ は平面コイル 7 に流れる電流 i に比例することが判る。

従って、平面コイル 7 に流す電流を制御することにより、可動板 5 の変位角 ϕ を制御することができるので、例えば、トーションバー 6、6 の軸に対して垂直な面内において全反射ミラー 8 に入射するレーザ光の反射方向を自由に制御でき、全反射ミラー 8 を反復動作させて連続的にその変位角を変化させれば、レーザ光のスキャンニングができる。

この全反射ミラー 8 の変位角 ϕ を制御する際に、平面コイル 7 に、駆動電流に重畳して駆動電流周波数（ミラー 8 の駆動周波数に関連する）に比べて少なくとも 100 倍以上の周波数で変位角検出用の検出電流を流す。すると、この検出電流に基づいて、平面コイル 7 と下側ガラス基板 4 に設けた検出コイル 12A、12B との間の相互インダクタンスによる誘導電圧がそれぞれの検出コイル 12A、12B に発生する。検出コイル 12A、12B に発生する各誘導電圧は、可動板 5、言い換えれば、全反射ミラー 8 が水平位置にある時には、検出コイル 12A、12B と対応する平面コイル 7 との距離が等しいことから等しくなりその差は零である。可動板 5 が前述の駆動力でトーションバー 6、6 を支軸として回転すると、一方の検出コイル 12A（又は 12B）では接近して相互インダクタンスの増加により誘導電圧は増大し、他方の検出コイル 12B（又は 12A）では離間して相互インダクタンスの減少により誘導電圧は低下する。従って、検出コイル 12A、12B に発生する誘導電圧は全反射ミラー 8 の変位に応じて変化し、この誘導電圧を検出することで、全反射ミラー 8 の変位角 ϕ を検出することができる。

そして、例えば、第 6 図に示すように、検出コイル 12A、12B の

1 2

他に2つの抵抗を設けて構成したブリッジ回路に電源を接続し、検出コイル12Aと検出コイル12Bとの中点と2つの抵抗の中点との電圧を入力とする差動増幅器を設けて構成した回路を用い、前記両中点の電圧差に応じた差動増幅器の出力を、可動板の駆動系にフィードバックし、駆動電流を制御するようにすれば、全反射ミラー8の変位角 ϕ を精度良く制御することが可能である。

ここで、例えば可動板の大きさを $6\text{ mm} \times 6\text{ mm}$ 、検出コイルエリアを $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 、可動板と検出コイル間の距離を $250\text{ }\mu\text{m}$ とし、検出コイルの巻数が10ターンの時の一方の検出コイルの相互インダクタンスを、相互インダクタンスのノイマンの公式を用いて計算した結果を第7図に示す。尚、第7図は、可動板が水平の時の変位角を0度とし、相反する方向にそれぞれ3度ずつ変位させた時の結果である。

第7図から、0度では $0.222\text{ }\mu\text{H}$ 、-3度で $0.202\text{ }\mu\text{H}$ 、+3度で $0.247\text{ }\mu\text{H}$ であり、 ± 3 度での相互インダクタンスの差は $0.045\text{ }\mu\text{H}$ である。従って、ミラーの最小分解能を0.1度とすると 0.75 nH を検出する必要がある、相互インダクタンスの検出値は極めて小さい値となる。しかし、例えば検出コイルの巻数を20ターンとすれば、約4倍の 3 nH が検出できればよい。このことから、検出コイルの巻数を適当に設定すれば、十分に精度良くミラーの変位角の検出が可能となる。

次に、本発明のプレーナー型ガルバノミラーの特性について説明する。

まず、永久磁石による磁束密度分布について説明する。

第8図は、第1実施例に使用した円柱状の永久磁石の磁束密度分布計算モデルを示し、永久磁石のN極とS極それぞれの表面を微小領域 dy に分割し、求める点の磁束を計算した。

N極表面で形成される磁束密度を B_n 、S極表面で形成される磁

1 3

束密度を B_s とすると、これら各磁束密度 B_n 、 B_s は円柱状の永久磁石による磁束密度分布の計算式から各(4)、(5)式によって求めることができ、任意の点における磁束密度 B は、 B_n と B_s を合成したものになり、(6)式で示される。

$$B_n = \frac{B_r}{2\pi} \int_{-d/2}^{d/2} \frac{z [(d/2)^2 - y^2]^{1/2} dy}{[(y-y_0)^2 + z^2][(d/2)^2 + z^2 + y_0^2 - 2y_0y]^{1/2}} \quad \dots (4)$$

$$B_s = \frac{B_r}{2\pi} \times \frac{\int_{-d/2}^{d/2} (z+1)[(d/2)^2 - y^2]^{1/2} dy}{[(y-y_0)^2 + (z+1)^2][(d/2)^2 + (z+1)^2 + y_0^2 - 2y_0y]^{1/2}} \quad \dots (5)$$

$$B = B_n + B_s \quad \dots (6)$$

ここで、(4)、(5)の各式において、 B_r は永久磁石の残留磁束密度、 x 、 y 、 z は永久磁石の周りの空間の任意の点を表す座標、 l は永久磁石のN極面とS極面との距離、 d は各極面の半径である。

例えば、半径 1 mm、高さ 1 mm、残留磁束密度 0.85 T の Sm-Co 永久磁石 DIANET DM-18 (商品名、セイコー電子部品製) を用いて、第 9 図に示すように配置した永久磁石の表面に垂直な面 a の磁束密度分布を計算した結果を第 10 図に示す。

第 9 図のように配置した場合には、磁石間の空間は、略 0.3 T 以上の磁束密度となっている。

次に、可動板の変位量について説明する。

例えば、可動板に形成する平面コイルの幅を 100 μ m、巻数を 14、可動板の厚さを 20 μ m とし、トーションバーの半径を 25 μ m、長さを 1 mm、可動板の幅を 4 mm、長さを 5 mm とし、

(2) 式と(3) 式から求めた。尚、磁束密度は、前述の磁束密度分布計算で得られた0.3 Tを使用した。

その結果、第11の(A) 及び(B) 図から電流1.5 mAで2度の変位角が得られることがわかる。尚、(C) は電流と発生する熱量Qとの関係を示すもので、この時の単位面積当たりの発生熱量は13 μ ワット/cm² となった。

次に、発熱量と放熱の関係について説明する。

発熱量はコイルの抵抗で発生するジュール熱であり、従って、単位時間あたりに発生する熱量Qは下記の(7) 式によって表される。

$$Q = i^2 R \quad \dots (7)$$

ここで、i はコイルに流れる電流、R はコイルの抵抗である。

発熱量対流による放熱量Q_c は下記の(8) 式で表される。

$$Q_c = h S \Delta T \quad \dots (8)$$

ここで、h は熱伝達係数（空気は $5 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-2}$ [ワット/cm² °C] ）、S は素子の表面積、 ΔT は素子表面と空気との温度差である。

発熱部となる可動板の面積を20 mm² (4 × 5) とすると、(8) 式は、

$$Q_c = 1.0 \Delta T \text{ [mワット/°C]} \quad \dots (8)'$$

となり、数十 μ ワット/cm² 程度の発熱量ならば素子の温度上昇の問題は無視できることがわかる。

尚、参考まで、輻射による放熱量Q_r は下記の(9) 式で表される。

15

$$Q_r = \varepsilon S \sigma T^4 \dots (9)$$

ここで、 ε は輻射率（黒体は $\varepsilon = 1$ で一般に $\varepsilon < 1$ ）、 S は素子の表面積、 σ はステファンボルツマン定数（ $\pi^2 k^4 / 60 h^3 c^2$ ）、 T は素子の表面温度である。

また、トーションバーからの伝導による放熱量 Q_a は下記の(10)式で表される。

$$Q_a = 2 \lambda (S / l_1) \Delta T \dots (10)$$

ここで、 λ は熱伝導率（シリコンは84ワット/mK）、 S はトーションバーの断面積、 l_1 はトーションバーの長さ、 ΔT はトーションバーの両端の温度差である。トーションバーの半径を25 μ m、長さを1mmとすると(10)式は、

$$Q_a = 0.1 \Delta T \text{ [mワット/°C]} \dots (10)'$$

となる。

次にトーションバーの可動板自重による撓みと、電磁力による可動板の撓みについて説明する。

第12図にこれらの計算モデルを示す。トーションバーの長さを l_1 、トーションバーの幅を b 、可動板の重さを f 、可動板の厚さを t 、可動板の幅を W 、可動板の長さを L_1 とすると、トーションバーの撓み量 ΔY は、片持ち梁の撓み量の計算方法を用いて、下記の(11)式のようになる。

$$\Delta Y = (1/2) (4 l_1^3 f / E b t^3) \dots (11)$$

ここで、 E はシリコンのヤング率である。

また、可動板の重さ f は下記の(12)式で表される。

$$f = W L_1 t \rho g \quad \dots (12)$$

ここで、 ρ は可動板の体積密度、 g は重力加速度である。

また、可動板の撓み量 ΔX は、同じく片持ち梁の撓み量の計算方法を用いて、下記の(13)式のようにになる。

$$\Delta X = 4 (L_1/2)^3 F / E W t^3 \quad \dots (13)$$

ここで、 F は可動板の端に作用する磁気力である。そして、前記磁気力 F は(2)式のコイル長 w を可動板の長さ W と見做して求めた。

これら、トーションバーの撓み量と可動板の撓み量の計算結果を表1に示す。尚、可動板の撓み量は、磁気力 F を $30 \mu\text{N}$ として計算したものである。

表1. トーションバーと可動板の撓み量の計算結果

W	6 mm	6 mm	6 mm
L_1	13 mm	13 mm	13 mm
t	$50 \mu\text{m}$	$50 \mu\text{m}$	$100 \mu\text{m}$
b	$50 \mu\text{m}$	$50 \mu\text{m}$	$50 \mu\text{m}$
l_1	0.5 mm	1.0 mm	1.0 mm
f	$89 \mu\text{N}$	$89 \mu\text{N}$	$178 \mu\text{N}$
ΔY	$0.022 \mu\text{m}$	$0.178 \mu\text{m}$	$0.356 \mu\text{m}$
ΔX	$0.125 \mu\text{m}$	$0.125 \mu\text{m}$	$0.016 \mu\text{m}$

上記の表1から明らかなように、幅 $50 \mu\text{m}$ 、長さ1.0 mmのトーションバーの場合、幅6 mm、長さ13 mm、厚さ $50 \mu\text{m}$ の可動板による撓み量 ΔY は、 $0.178 \mu\text{m}$ であり、可動板の厚さを倍の

17

100 μm としても、撓み量 ΔY は、0.356 μm である。また、幅6 mm、長さ13 mm、厚さ50 μm の可動板の場合、磁気力による撓み量 ΔX は、0.125 μm であり、可動板両端の変位量を200 μm 程度とすれば、プレーナー型ガルバノミラーの特性には何ら影響はない。

次に、変位角を検出するために平面コイルに流す変位角検出電流の全反射ミラーの変位に与える影響について説明する。

モーメント $M(t) = M \cos \omega t$ が作用し、減衰系がある場合のねじり振動の方程式は以下になる。

$$(d^2 \phi / dt^2) + 2 \gamma (d \phi / dt) + \omega_0^2 \phi = (M / J) \cos \omega t \quad \dots (14)$$

ただし、 $2 \gamma = c / J$ である。ここで、 ϕ ：変位角、 J ：慣性モーメント、 c ：減衰係数、 ω_0 ：固有振動数である。

尚、前記固有振動数 ω_0 は、

$$\omega_0 = (k / J)^{1/2} \quad \dots (15)$$

と表され、ここで、 k はバネ定数であり、以下のように表される。

$$k = (G \cdot I_p) / l_1 \quad \dots (16)$$

G 、 I_p は、前述した横弾性係数、極断面二次モーメントであり、 l_1 はトーションバーの長さである。

(15)式と(16)式から、

$$\omega_0 = (G \cdot I_p / J \cdot l_1)^{1/2} \quad \dots (17)$$

となる。一方、慣性モーメント J 、極断面二次モーメント I_p は次式で表される。

18

$$J = [M(t^2 + L_1^2)] / 12 \quad \dots (18)$$

$$I_p = \pi r^4 / 32 \quad \dots (19)$$

Mは可動板の質量、tは可動板の厚さ、L₁は可動板の長さ、rはトーションバーの半径である。

従って、(17)～(19)式から前記固有振動数 ω_0 が算出できる。

(14)式から、振幅、即ち可動板の変位角の大きさをAとすると、

$$A = (M/J)[1 / \{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\gamma^2 \omega^2\}^{1/2}] \quad \dots (20)$$

が求められる。ここで、検出に用いる周波数 ω_d を $n\omega_0$ 、ミラーを駆動する周波数 ω_d を $(1/n)\omega_0$ (n : (検出電流周波数/駆動電流周波数) > 1) とすると、それぞれの変位角の大きさAs、Adの比をとると次の(21)式のようにになる。

$$\frac{A_s}{A_d} = \frac{[1 - (1 - (1/n^2))^2 \omega_0^2 + 4(1/n^2)\gamma^2 \omega^2]^{1/2}}{[(n^2 - 1)^2 \omega_0^2 + 4n^2 \gamma^2 \omega^2]^{1/2}} \quad \dots (21)$$

この結果から、変位角検出に用いる周波数の電流によるミラーに与える影響は減衰にかかわりなく駆動周波数電流による変位の $1/n^2$ となることがわかる。従って、例えば検出電流周波数を駆動電流周波数の100倍以上、即ち $n = 100$ 以上とすれば、As/Adは $1/10000$ 以下となり、平面コイルに、駆動電流に重畳させて検出電流を流したとしても、ミラーの駆動に殆ど影響を及ぼすことなくミラーの変位検出ができる。

更に、駆動に固有振動数を使用した場合について検討してみる。検出に用いる周波数 ω_d を $n^2 \omega_0$ 、ミラーを駆動する周波数 ω_d を ω_0 とすると、それぞれの変位角の大きさAs、Adの比をとると次の(22)式のようにになる。

19

$$\frac{A_s}{A_d} = \frac{[4\gamma^2\omega^2]^{1/2}}{[(n^4-1)^2\omega_0^2 + 4n^4\gamma^2\omega^2]^{1/2}} \\ = [(4\gamma^4)/((n^4-1)^2 + 4n^4\gamma^2)]^{1/2} \dots (22)$$

ここで、(22)式の平方根の中をYとおいて、Yと γ との関係を求めると、(23)式のようになる。

$$Y = \frac{1}{n^4} - \frac{(n^4-1)^2/n^4}{(n^4-1)^2 + 4n^4\gamma^2} \dots (23)$$

かかる(23)式におけるYと γ との関係を図示すると第13図のようになる。

第13図から $\gamma > 0$ の範囲では、0から $1/n^4$ に単調増加していることがわかる。これは、変位角の大きさ A_s 、 A_d の比(= A_s/A_d)が $1/n^2$ より小さいことを示している。このように、駆動周波数を固有振動数とすると、以下の2つの特徴があることがわかる。1つは駆動周波数が固有振動数より小さい場合と比較して変位角検出周波数電流がミラーに与える影響は小さいと言える。更に、減衰がない場合には変位角検出周波数電流がミラーに与える影響は零となることがわかる。

以上説明したように、かかるプレーナー型ガルバノミラー1では、コイルの発熱による影響も無視でき、また、可動板5の揺動特性も何ら問題はなく、従来と同様の機能を発揮できることが判る。そして、半導体素子の製造プロセスを利用することによって、超小型で薄型のガルバノミラーとすることができる。このため、ガルバノミラーによるレーザ光のスキャニングシステムの小型化を図ることができ、延いては、このスキャニングシステムを利用するレーザ応用機器の小型化が図れる。また、半導体素子の製造プロセスで製造することで、大量生産が可能となる。そして、平面コイル7に駆動電流に重畳して所定周波数の検出電流を流すと共に、下側ガラス基板4に平面コイル7と電磁結合させて一対の検出コイル12A、12Bを

20

配置し、可動板 5 の変位に応じた平面コイル 7 と検出コイル 12A, 12B との間の相互インダクタンス変化を検出することで、可動板 5、即ち、全反射ミラー 8 の変位角を検出するようにしたので、ミラーの変位角を精度よく検出でき、変位角の制御精度を向上させることが可能である。また、可動板 5 側に新たな構成を付加することなく、下側ガラス基板 4 側に検出コイル 12A, 12B を設けるだけでよく可動板 5 側の構成を変更する必要はないので、ミラーの変位角検出機能を容易に付加することができ、製造が容易である。

尚、本実施例において、磁界の形成に永久磁石を用いたが、電磁石を用いてもよい。また、シリコン基板の上下に磁石固定用にガラス基板を設ける構成としたが、所定位置に磁石が固定できればガラス基板は不要である。

次に上記第 1 実施例のガルバノミラーの製造工程を、第 14 図を参照しながら説明する。

厚さ 300 μm のシリコン基板 101 の上下面を熱酸化して酸化膜 (1 μm) 102 を形成する ((a) 図参照)。

次に、表裏両面にホトリソグラフィにより貫通穴のパターンを形成し、貫通穴部分の酸化膜をエッチング除去し ((b) 図参照)、更に、可動板形成部の酸化膜を厚さ 0.5 μm まで除去する ((c) 図参照)。

次に、表面側 (図では下側) にワックス層 103 を設けた後、裏面側貫通穴部分に異方性エッチングを 100 μm 行う ((d) 図参照)。

次に、裏面側の可動板部分の薄い酸化膜を除去し ((e) 図参照)、貫通穴と可動板部分に異方性エッチングを 100 μm 行う ((f) 図参照)。

表面側のワックス層 103 を除去し、表面側の酸化膜 102 上に、従来公知の電鍍コイル法によって平面コイル、電極端子部 (図示せず) を形成し、また、アルミニウムの蒸着によって全反射ミラー 8 を形成する ((g) 図参照)。電鍍コイル法は、シリコン基板 101 の表面

2 1

側にニッケルのスパッタを行ってニッケル層を形成し、電解めっき又はスパッタにより銅層を形成する。次にポジ型のレジストで平面コイル及び電極端子に相当する部分をマスクし、銅エッチング、ニッケルエッチングを順次行い、エッチング後、レジストを除去し、更に、銅電解めっきを行ってニッケル層の全周を銅で覆い平面コイル及び電極端子に相当する銅層を形成する。次に、銅層を除いた部分にネガ型のメッキレジストを塗布した後、銅電解めっきを行って銅層を厚くして、平面コイル及び電極端子を形成する。そして、平面コイル部分を例えば感光性ポリイミド等の絶縁層で覆う。平面コイルを2層にする場合は、再度ニッケルのスパッタ工程から絶縁層形成までの工程を繰り返し行えばよい。

次に、表面側にワックス層103'を設けた後、貫通穴及び可動板部分に異方性エッチングを100 μ m行い、貫通穴部分を貫通させ、可動板部分を除いてワックス層103'を除去する。この際に、上下の酸化膜102も除去する。これにより、可動板5とトーションバー（図示せず）が形成され、第3図のシリコン基板2が形成される（(h), (i) 図参照）。

次に、可動板部分のワックス層103'を除去した後、シリコン基板2の上下面に上側ガラス基板3と検出コイル12A, 12B（図示せず）を備えた下側ガラス基板4とをそれぞれ陽極接合によって結合する（(j), (k) 図参照）。尚、この陽極接合する以前に、下側ガラス基板4の接合面とは反対側の所定位置に、検出コイル12A, 12Bを予め形成しておく。この検出コイルは、下側ガラス基板4の形成面に全体にニッケル或いは銅等の導電性の良好な金属をスパッタして金属層を形成し、検出コイルに相当する部分をマスクしてその他の金属をエッチングして除去することで形成する。

次に、上下のガラス基板3, 4の所定位置に永久磁石10A, 10Bと11A, 11Bを取付ける（(l) 図参照）。

2 2

このように、半導体の製造プロセスを利用して製造することで、相互インダクタンスを利用したミラーの変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラーの大量生産が可能となる。

次に、本発明に係るプレーナー型ガルバノミラーの第2実施例を第15図に示し説明する。前述した第1実施例のガルバノミラーでは、レーザ光等を1次元でスキャンするものであるが、この第2実施例は、レーザ光等を1次元でスキャンする場合に比べてそのスキャン領域を拡大するため、2次元でスキャンできるようにトーションバーを互いに直交させて2つ設けた2軸のガルバノミラーの例である。尚、第1実施例と同一の要素には同一符号を付してある。

第15図において、第2実施例のガルバノミラー21は、半導体基板であるシリコン基板2の上下面に、それぞれホウケイ酸ガラス等からなる上側及び下側絶縁基板としての上側及び下側ガラス基板3, 4を、矢印で示すように重ねて陽極接合した3層構造とする。上側及び下側ガラス基板3, 4は、図に示すように、それぞれ中央部に例えば超音波加工によって形成した方形状の溝3A, 4Aを設けた構造であり、シリコン基板2に陽極接合する場合、上側ガラス基板3では、溝3Aを下側にしてシリコン基板2側に位置するようにして接合し、下側ガラス基板4では、溝4Aを上側にして同じくシリコン基板2側に位置するようにして接合する。これにより、後述する全反射ミラー8を設ける可動板5の揺動空間を確保すると共に密閉する構成としている。尚、シリコン基板2に上下のガラス基板3, 4を結合する際に、接着剤を用いるとガスが可動板の揺動空間に侵入する虞れがあるが、本実施例のように陽極接合を用いればその心配はない。

前記シリコン基板2には、棒状に形成された外側可動板5Aと、該外側可動板5Aの内側に軸支される内側可動板5Bとからなる平板状の可動板5が設けられている。前記外側可動板5Aは、第1の

23

トーションバー 6 A, 6 A によってシリコン基板 2 に軸支され、前記内側可動板 5 B は、前記第 1 のトーションバー 6 A, 6 A とは軸方向が直交する第 2 のトーションバー 6 B, 6 B で外側可動板 5 A の内側に軸支されている。可動板 5 と第 1 及び第 2 の各トーションバー 6 A, 6 B は、シリコン基板 2 に異方性エッチングにより一体形成されており、シリコン基板と同一材料からなっている。

また、外側可動板 5 A の上面には、シリコン基板 2 上面に形成した一对の外側電極端子 9 A, 9 A に一方の第 1 のトーションバー 6 A の部分を介して両端がそれぞれ電氣的に接続する平面コイル 7 A (図では模式的に 1 本線で示すが可動板上では複数の巻数となっている) が絶縁層で被覆されて設けられている。また、内側可動板 5 B の上面には、シリコン基板 2 に形成された一对の内側電極端子 9 B, 9 B に、一方の第 2 のトーションバー 6 B から外側可動板 5 A 部分を通り、第 1 のトーションバー 6 A の他方側を介してそれぞれ電氣的に接続する平面コイル 7 B (図では模式的に 1 本線で示すが外側可動板と同様に可動板上では複数の巻数となっている) が絶縁層で被覆されて設けられている。これら平面コイル 7 A, 7 B は第 1 実施例と同様に、上述した従来公知の電解めっきによる電鍍コイル法によって形成してある。尚、前記外側及び内側電極端子 9 A, 9 B は、シリコン基板 2 上に電鍍コイル法により平面コイル 7 A, 7 B と同時形成される。平面コイル 7 B で囲まれた内側可動板 5 B の中央部には、アルミニウム蒸着等による反射鏡としての全反射ミラー 8 が形成されている。

上側及び下側ガラス基板 3, 4 には、2 個ずつ対となったそれぞれ 8 個ずつ円板状の永久磁石 10 A ~ 13 A, 10 B ~ 13 B が、図示のように配置されている。上側ガラス基板 3 の互いに向かい合う永久磁石 10 A, 11 A は、下側ガラス基板 4 の永久磁石 10 B, 11 B とで外側可動板 5 A の平面コイル 7 A に磁界を作用して平面コイル 7 A に流

24

す駆動電流との相互作用によって外側可動板 5 A を回動駆動させるためのものであり、また、上側ガラス基板 3 の互いに向かい合う永久磁石 12 A と 13 A は、下側ガラス基板 4 の永久磁石 12 B, 13 B とで内側可動板 5 B の平面コイル 7 B に磁界を作用して平面コイル 7 B に流す駆動電流との相互作用によって内側可動板 5 B を回動駆動させるためのものである。そして、互いに向き合った永久磁石 10 A と 11 A は上下の極性が互いに反対、例えば永久磁石 10 A の上面が S 極の時は永久磁石 11 A の上面は N 極となるように設けられ、しかも、その磁束が可動板 5 の平面コイル部分に対して平行に横切るよう配置されている。その他の互いに向き合っている永久磁石 12 A と 13 A、永久磁石 10 B と 11 B 及び永久磁石 12 B と 13 B も同様である。更に、上下方向で対応する永久磁石 10 A と 10 B との関係は、上下の極性は同じ、例えば永久磁石 10 A の上面が S 極の時は永久磁石 10 B の上面も S 極となるように設ける。その他の上下で対応している永久磁石 11 A と 11 B、永久磁石 12 A と 12 B 及び永久磁石 13 A と 13 B も同様であり、これにより、可動体 5 の両端部で互いに相反する方向に磁気力が作用するようになる。

そして、下側ガラス基板 4 の下面には、前述した平面コイル 7 A, 7 B とそれぞれ電磁結合可能に配置された検出コイル 15 A, 15 B と 16 A, 16 B がパターンニングされて設けられている。検出コイル 15 A, 15 B は、第 1 のトーションバー 6 A に対して対称位置に設けられ、検出コイル 16 A, 16 B は第 2 のトーションバー 6 B に対して対称位置に設けられそれぞれ対をなしている。そして、一对の検出コイル 15 A, 15 B は、外側可動板 5 A の変位角を検出するもので、平面コイル 7 A に駆動電流に重畳して流す検出電流に基づく平面コイル 7 A と検出コイル 15 A, 15 B との相互インダクタンスが、外側可動板 5 A の角度変位により変化し、この変化に応じた電気信号を出力する。この電気信号によって外側可動板 5 A の変位角が検出できる。

25

一对の検出コイル16A, 16Bは同様にして内側可動板5Bの変位角を検出するものである。

次に動作を説明する。

外側可動板5Aの平面コイル7Aに電流を流せば、第1のトーシヨンバー6A, 6Aを支点として外側可動板5Aが電流方向に応じて回転し、この際に内側可動板5Bも外側可動板5Aと一体に回転する。この場合、全反射ミラー8は、第1実施例と同様の動きとなる。一方、内側可動板5Bの平面コイル7Bに電流を流せば、外側可動板5Aの回転方向と直角方向に、外側可動板5Aに対して内側可動板5Bが第2のトーシヨンバー6B, 6Bを支点として回転する。

従って、例えば、平面コイル7Aの駆動電流を制御して、外側可動板5Aを1周期回転操作した後、平面コイル7Bの駆動電流を制御し内側可動板5Bを一定角度変位させるようにし、この操作を周期的に繰り返せば、全反射ミラー8に入射し反射するレーザ光の偏光走査を2次元的に行える。

尚、第2実施例のように、全反射ミラー8の上方にガラスが存在する場合には、レーザ光の通過するガラス面に反射防止膜等を被覆しておくが良い。

一方、平面コイル7A及び平面コイル7Bに流す各駆動電流に重畳させて、検出電流を流せば、検出コイル15A, 15Bと平面コイル7A間及び検出コイル16A, 16Bと平面コイル7B間の相互インダクタンスにより第1実施例と同様の原理で、外側可動板5Aの変位は例えば第6図と同様の回路を介して検出コイル15A, 15Bの差動出力によって検出することができ、内側可動板5Bの変位は検出コイル16A, 16Bの差動出力によって検出することができ、この差動出力を外側可動板5A及び内側可動板5Bの各駆動系にフィードバックさせれば、外側可動板5A及び内側可動板5Bの変位を精度よ

26

く制御することが可能となる。尚、言うまでもないが、本実施例の2軸のガルバノミラーの場合は、第6図と同様の回路を、外側可動板変位検出用と内側可動板変位検出用として2つ設けるものである。

かかる第2実施例の構成のガルバノミラー21によれば、第1実施例と同様の効果に加えて、全反射ミラー8でレーザ光の偏光走査が2次元的に行え、レーザ光のスキャニングの自由度が増大し、スキャニングの領域を第1実施例の1軸の場合に比べて増大させることができる。また、可動板5の揺動空間を、上下のガラス基板3、4と周囲のシリコン基板2とによって密閉するので、この密閉空間を真空状態とすることにより、可動板5の回動動作に対する空気抵抗がなくなり、可動板5の応答性が向上するという効果を有する。

更に、平面コイル7に流す駆動電流を大きくして可動板5の変位量を大きく設定する場合には、密閉した可動板揺動空間内を真空とせず、ヘリウム、アルゴン等の不活性ガスを封入するのが望ましく、特に熱伝導性の良いヘリウムが好ましい。これは、平面コイル7に流す電流量を大きくすると平面コイル7からの発熱量が多くなり、可動板周囲が真空状態では可動板からの放熱が悪くなるので、不活性ガスを封入することによって可動板5からの放熱性を真空状態に比べて高め熱影響を低減させることができる。尚、不活性ガスを封入することで、可動板5の応答性に関しては、真空状態に比べて多少低下することになる。

尚、前述の第1実施例の1軸のガルバノミラーにおいても、この第2実施例と同様の溝付きのガラス基板を用いて可動板部分を密閉構造としてもよいことは言うまでもない。

次に、上記第2実施例のガルバノミラーの製造工程について第16図を参照して説明する。

厚さが例えば200 μm 程度のシリコン基板201の上下面を熱酸化して酸化膜(0.5 μm)202を形成し、表面側(図中上側)にホト

27

リソグラフにより所定の貫通穴パターンを形成し、貫通穴部分の酸化膜をエッチング除去する((a) 図参照)。

次に、表面を熱酸化して貫通穴部分に薄い酸化膜 ($0.1 \mu\text{m}$) 202 を形成し、裏面側 (図中下側) に、表面側と対応する位置にホトリソグラフにより貫通穴のパターンを形成する((b) 図参照)。

次に、裏面側の貫通穴部分に異方性エッチングを $170 \mu\text{m}$ 行う((c) 図参照)。

次に、表面側にニッケルのスパッタを行ってニッケル層を形成し、次いで銅のスパッタを行い銅層を形成し、ポジ型のレジストで内側可動板の平面コイルと外側可動板の平面コイルとを互いに接触させずに交差させて電極端子に接続させるための交差部に相当する部分及び可動板5の側方のシリコン基板上の電極端子に相当する部分をマスクし、銅エッチング、ニッケルエッチングを順次行う。これにより、シリコン基板表面にニッケル層と銅層からなる前記交差部203及び電極端子部204を形成する((d) 図参照)。

次に、交差部203の両端部及び電極端子部204の部分を除いてマスクし、感光性ポリイミド等の絶縁層205を形成する((e) 図参照)。

次に、電鍍コイル法によって外側可動板と内側可動板の平面コイルを形成する。即ち、絶縁層205上にニッケルのスパッタを行ってニッケル層を形成し、電解めっき又はスパッタにより銅層を形成する。次にポジ型のレジストで平面コイル、電極端子やコイルと端子間の接続部分に相当する部分をマスクし、銅エッチング、ニッケルエッチングを順次行い、エッチング後、レジストを除去し、更に、銅電解めっきを行ってニッケル層の全周を銅で覆い外側と内側の各平面コイルに相当する銅層206, 207を形成する。この工程によって、平面コイル部分の形成と共に(d)図で示す工程で形成した電極端子部204及び交差部204を厚くする((f) 図参照)。

次に、(e)図で示す工程と同様にして絶縁層205を形成する((

28

g) 図参照)。尚、本実施例では、各平面コイルを2層に形成するため、(g) 図で示す工程の絶縁層形成時には、内外両方の上下のコイルを接続するターミナル部分208, 209 をマスクして絶縁層が形成されないようにしている。

次に、(f) 図で示す工程と同様にして上層側の平面コイルに相当する銅層210, 211 を形成し、更に、絶縁層205 を形成する。これにより、絶縁層によって絶縁被覆された平面コイル7A, 7B が形成される((h), (i) 図参照)。

次に、 SiO_2 をスパッタして酸化膜を形成し、裏面側から異方性エッチングを行って、シリコン基板201 を貫通させる。これにより、各トーションバー部分と内外可動板部分が形成される((j), (k) 図参照)。

次に、表面側の SiO_2 をエッチングして除去した後、全反射ミラー部分を除いてマスクし、アルミニウムの蒸着によって全反射ミラー8を形成する((l) 図参照)。

以上により、可動板部分が形成される。

一方、下側ガラス基板側に形成する検出コイルは、第17図のようにして形成される。

まず、下側ガラス基板4に、例えば超音波加工等によって、可動板の収納空間を確保するための方形状の溝4Aを形成する((a) 図参照)。

次に、下側ガラス基板4の平坦面側に、ニッケル或いは銅等の導電性の良好な金属をスパッタリングして金属層220 を形成する((b) 図参照)。

次に、検出コイル及び電極端子を形成する部分をマスクし、その他の金属層部分をエッチングして除去する。これにより、検出コイルが所定位置に形成される。尚、上側ガラス基板3の溝3Aも、下側ガラス基板4と同様に超音波加工によって形成する。

29

このようにして形成した上側ガラス基板 3 と下側ガラス基板 4 を、シリコン基板 2 の上下面にそれぞれ陽極接合によって結合し、更に、上下のガラス基板 3, 4 の所定位置に各永久磁石 10A ~ 13A と 10B ~ 13B を取付ける。

このように、半導体の製造プロセスを利用して製造することで、ミラーの変位検出機能を備えた 2 軸のプレーナー型ガルバノミラーの製造も容易であり、大量生産が可能となる。

次に、本発明に係るガルバノミラーの第 3 実施例について第 18 図 ~ 第 20 図に示し説明する。

この第 3 実施例は、第 2 実施例と同様の 2 軸の例である。尚、第 2 実施例と同一要素には同一符号を付して説明を省略する。

第 18 図 ~ 第 20 図において、本実施例の 2 軸のガルバノミラー 31 は、前述した第 2 実施例と略同様の構成であるが、本実施例では、上下のガラス基板 3, 4 が、第 2 実施例のものとは異なり、溝 3A, 4A のない平板状になっている。そして、上側ガラス基板 3 には、可動板 5 上方部分に可動板 5 の形状に応じて角状の開口部 3a を設け、全反射ミラー上方の部分を開放状態としてレーザ光が直接全反射ミラー 8 に入射できるようにしてある。そして、上下のガラス基板 3, 4 が平板状としてあるため、中間のシリコン基板 2 を上下に別のシリコン基板を積層して 3 層構造とし、中間層に可動板 5 を形成することで可動板 5 の回動スペースを確保するようにしてある。

また、第 18 図に破線で示すように、下側ガラス基板 4 の下面に、外側可動板 5A の変位検出用の検出コイル 15A, 15B 及び内側可動板 5B の変位検出用の検出コイル 16A, 16B が、対応する平面コイル 7A, 7B と電磁結合可能な位置にパターンニングされて設けられている。

かかる構成の第 3 実施例のプレーナー型ガルバノミラーの動作は、第 2 実施例と同様であり、説明を省略する。また、製造工程として

30

は、シリコン基板 2 に可動板 5 及びトーションバー 6 A, 6 B の部分を一体形成する工程までは、第 2 実施例で説明した第 16 図に示した工程と同様である。そして、第 3 実施例の場合では、その後、可動板に対応する位置に開口部を形成した上下シリコン基板を積層して 3 層構造とし、更に、上下のガラス基板 3, 4 を陽極接合によってシリコン基板 2 の上下に結合し、上下のガラス基板 3, 4 の所定位置に永久磁石を取付けるようにする。

以上説明した第 3 実施例のガルバノミラーでは、第 1 実施例のガルバノミラーの効果に加えて、第 2 実施例と同様にレーザ光の偏光走査が 2 次元で行え、レーザ光のスキャン領域が増大できるという効果を有する。

第 21 図～第 25 図に、2 軸のガルバノミラーの特性に関する測定データを示す。

第 21 図はコイルに流す直流電流と変位角 ϕ との関係を示す。第 22 図及び第 23 図は、それぞれ外側可動板と内側可動板の振れの周波数特性を示す。共振周波数は、外側可動板で 375Hz、内側可動板で 1450Hz である。第 24 図はそれぞれの共振周波数の交流をコイルに流した時の電流と振動状態における変位角との関係を示す。第 25 図は内側可動板について交流電流と振動状態における変位角との関係の真空中と大気中との相違を示し、真空中の方がリニアな関係であり、振幅も大きい。

また、第 26 図は可動板の変位角と検出コイルの出力電圧との関係を示す。

以上説明したように本発明のガルバノミラーによれば、半導体基板に、可動板、この可動板を揺動可能に軸支するトーションバー、平面コイル及び反射鏡を形成し、半導体基板の上下の絶縁基板に永久磁石を設ける構成とすると共に、前記平面コイルと電磁結合可能に半導体基板に結合する下側絶縁基板側に検出コイルを設け、平面

3 1

コイルに反射鏡駆動用電流に重畳して反射鏡変位検出用の検出電流を流すようにし、平面コイルと検出コイルの反射鏡変位に伴う相互インダクタンス変化を利用して反射鏡の変位角を検出する構成としたので、ガルバノミラーを半導体素子の製造技術を用いて形成でき、ガルバノミラーを極めて薄型化及び小型化でき、ガルバノミラーを用いた光のスキャニングシステムの小型化を図ることが可能となり、延いては、レーザ光応用機器の小型化を達成できるという効果に加え、このようなプレーナー型ガルバノミラーのミラー変位角を精度良く検出することができ、変位角の制御精度を向上できる。また、可動板側に新たな構成を付加することなく、下側ガラス基板側に検出コイルを設けるだけでよいので、可動板側の構成を変更する必要はなくミラーの変位角検出機能を容易に付加でき、従来の変位角検出機能を付与する場合に比べて製造が容易となる。

また、反射鏡の支軸を、互いに直交する2軸構造とすれば、反射鏡による光の偏光走査を2次元で行え、光のスキャニング自由度を増大でき、スキャニング領域を増大できるという効果を奏する。

また、可動板の揺動空間を密閉空間として真空封止する構成とすれば、可動板の動きに対する空気抵抗をなくすことができ、可動板の応答性を向上できるという効果を有する。また、可動板の変位量を大きくすべく平面コイルに大きな駆動電流を流す場合には、密閉空間内に不活性ガスを封入することで、平面コイルの発熱の影響を、真空状態に比べて抑制することができる。

〔産業上の利用可能性〕

本発明は、ガルバノミラーの薄型及び小型化に加えてミラー変位角の制御精度の向上を図ることができ、ガルバノミラー応用機器の小型化及び高性能化等が実現可能となり、産業上利用性は大である。

3 2

請求の範囲

(1) 半導体基板に、平板状の可動板と該可動板を半導体基板に対して基板上下方向に揺動可能に軸支するトーションバーとを一体形成し、前記可動板の上面周縁部に可動板駆動用電流の通電により磁界を発生する平面コイルを敷設し、該平面コイルで囲まれる上面中央部に反射鏡を設ける一方、前記トーションバーの軸方向と平行な可動板の対辺の平面コイル部に磁界を作用させる互いに対をなす磁石を固定する構成のプレーナー型ガルバノミラーであって、

前記可動板下方に、前記平面コイルと電磁結合可能で前記可動板の変位を検出するための複数の検出コイルを設け、これら検出コイルを前記トーションバーに対して略対称位置に配置すると共に、前記平面コイルに可動板駆動用電流に重畳して変位検出用電流を流すことを特徴とする変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラー。

(2) 前記可動板が、第1のトーションバーで半導体基板に対して軸支される枠状の外側可動板と、前記第1のトーションバーと軸方向が直交する第2のトーションバーで前記外側可動板の内側に軸支される内側可動板とからなり、前記外側可動板の上面に第1の平面コイルを設け、前記内側可動板の上面周縁部に第2の平面コイルを設けると共に、当該第2の平面コイルで囲まれた内側可動板中央部に前記反射鏡を設ける構成であり、前記検出コイルが、第1及び第2のトーションバーに対してそれぞれ対称位置に配置される構成である請求項1記載の変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラー。

(3) 前記磁石は、半導体基板の上下面にそれぞれ上側基板と下側基板を設けてこれら上側基板と下側基板に固定する構成である請求項1記載の変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラー。

(4) 少なくとも上側基板を、透光性を有するガラス基板で構成し、

3 3

上側基板と下側基板は可動板収納空間を閉塞する構成である請求項 3 記載の変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラー。

(5) 前記可動板収納空間を真空状態とする請求項 4 記載の変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラー。

(6) 前記可動板収納空間に不活性ガスを封入する請求項 4 記載の変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラー。

(7) 前記上側及び下側基板は、半導体基板取付け時に互いに対面する溝をそれぞれ中央部に有して前記可動板収納空間を形成する構成である請求項 4 記載の変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラー。

(8) 前記上側及び下側基板が、絶縁基板である請求項 3 記載の変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラー。

(9) 前記磁石は、永久磁石である請求項 1 記載の変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラー。

(10) 半導体基板のトーションバー形成部分を除いて基板の下面から上面に向けて異方性エッチングより貫通させて前記トーションバー部分で半導体基板に揺動可能に軸支される可動板を形成する工程と、可動板上面周囲に電解めっきにより平面コイルを形成する工程と、平面コイルで囲まれた可動板中央部にアルミニウムの蒸着により反射鏡を形成する工程と、半導体基板の上下面に陽極接合により下側基板と少なくとも可動板上方部分が光の通過が可能な構造の上側基板とを固定する工程と、トーションバー軸方向と平行な可動板の対辺に対応する上側基板部分と下側基板部分に磁石を固定する工程と、下側基板の所定位置に検出コイルを形成する工程とからなる変位検出機能を備えたプレーナー型ガルバノミラーの製造方法。

(11) 前記平面コイルを形成する工程は、半導体基板上にスパッタリングでニッケル層を形成した後、ニッケル層上に銅電解めっきによって銅層を形成し、次いで、平面コイル部分に相当する部分をマ

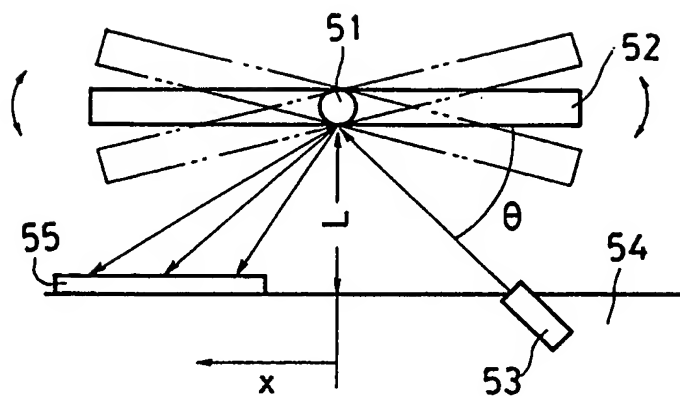
3 4

スクして銅エッチング及びニッケルエッチングを順次行い、次いで前記マスクを除去した後にコイルパターン上に銅電解めっきを行うようにした請求項10記載のプレーナー型ガルバノミラーの製造方法。

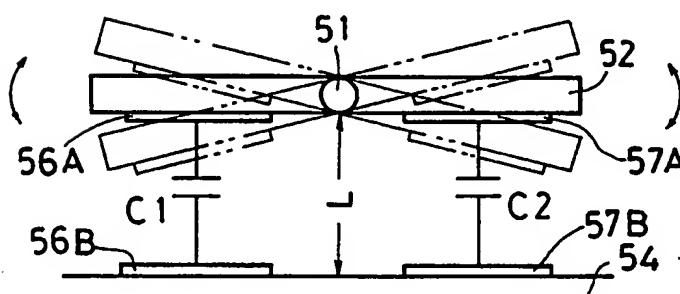
(12) ニッケル層上に銅層を形成する際に、銅電解めっきに代えてスパッタリングを用いる請求項11記載のプレーナー型ガルバノミラーの製造方法。

1 / 24

第 1 図

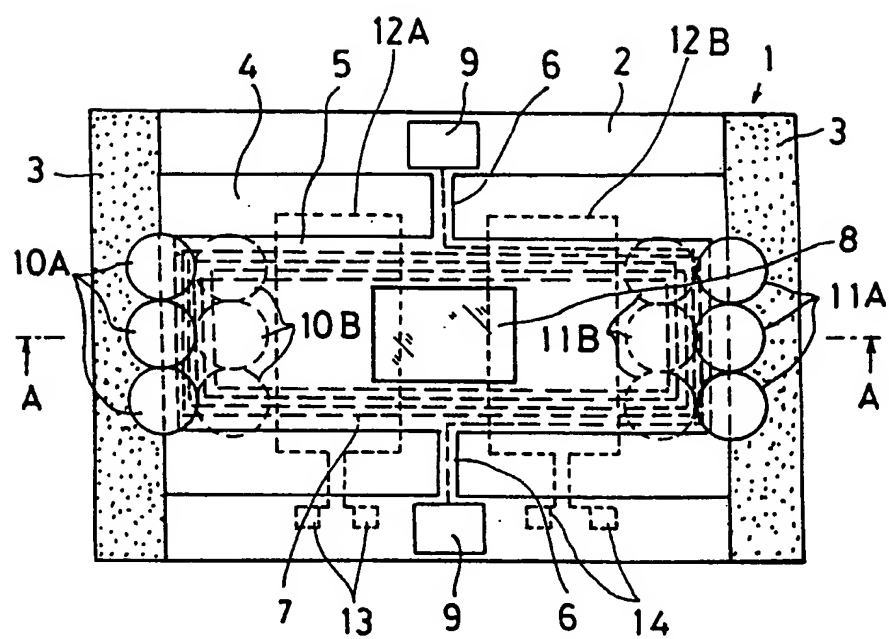


第 2 図



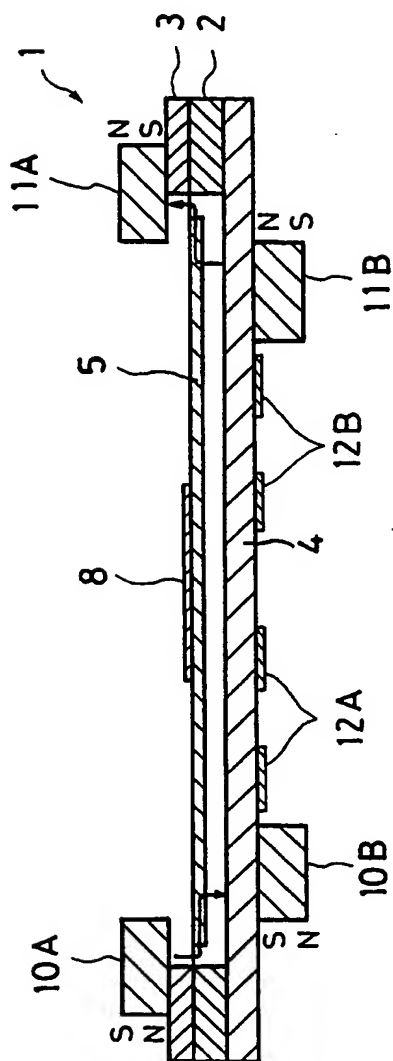
2/24

第 3 図



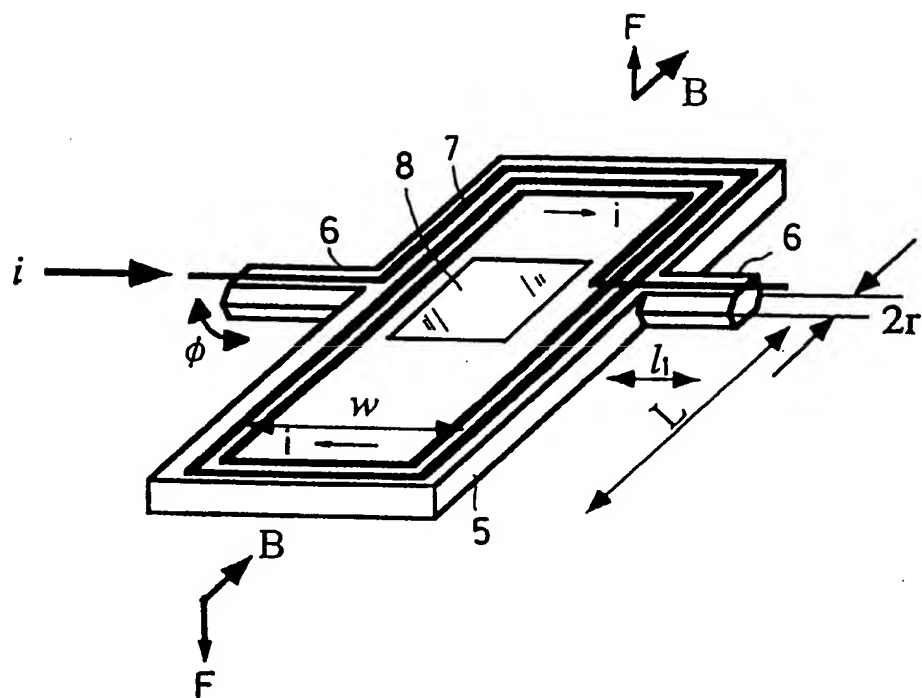
3/24

第 4 図



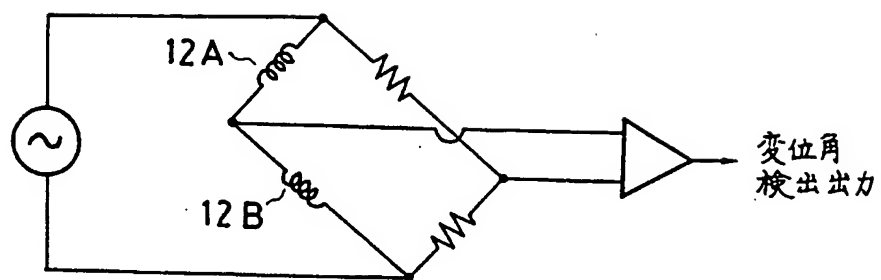
4/24

第 5 図

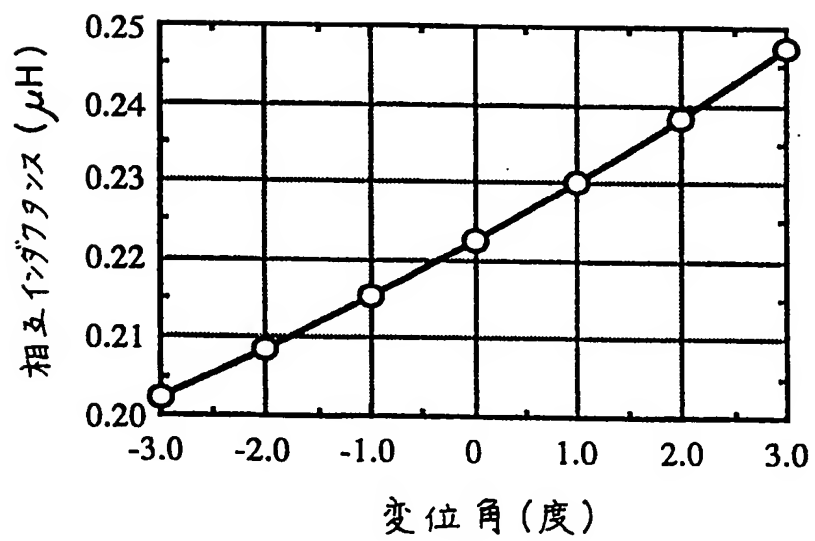


5 / 24

第 6 図

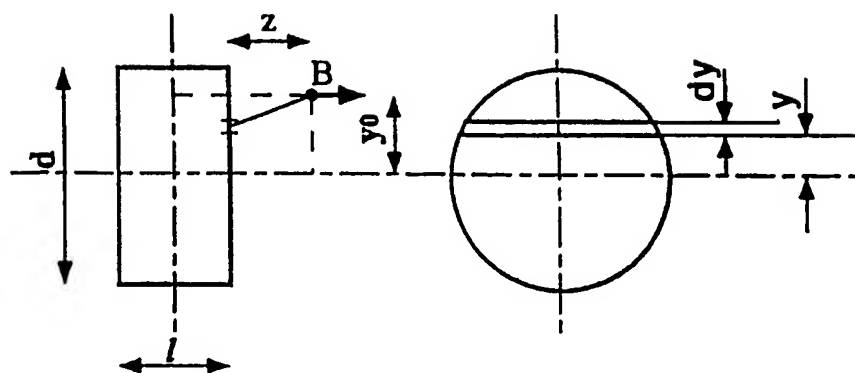


第 7 図

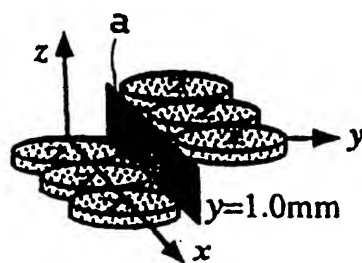


6 / 24

第 8 図

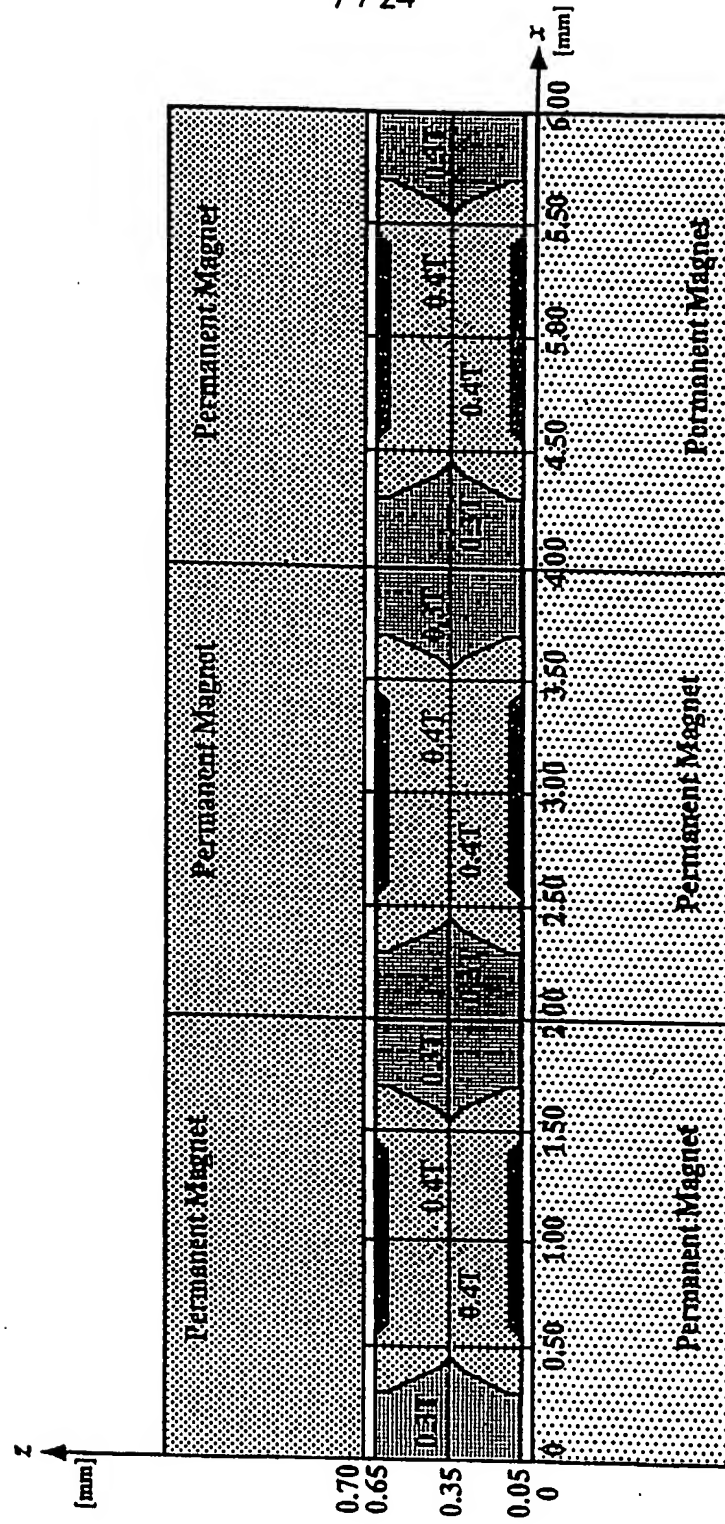


第 9 図

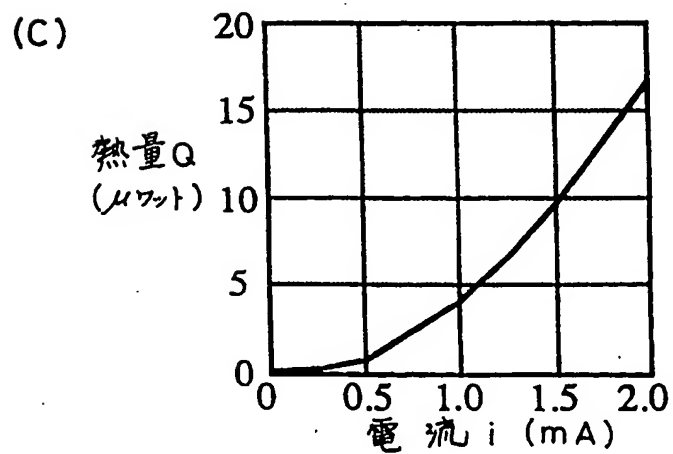
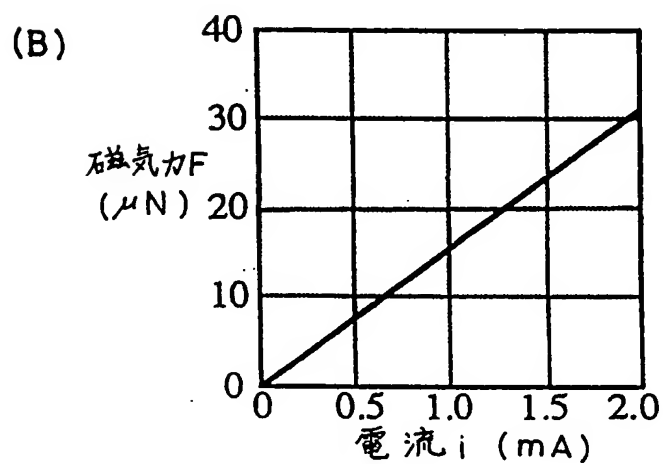
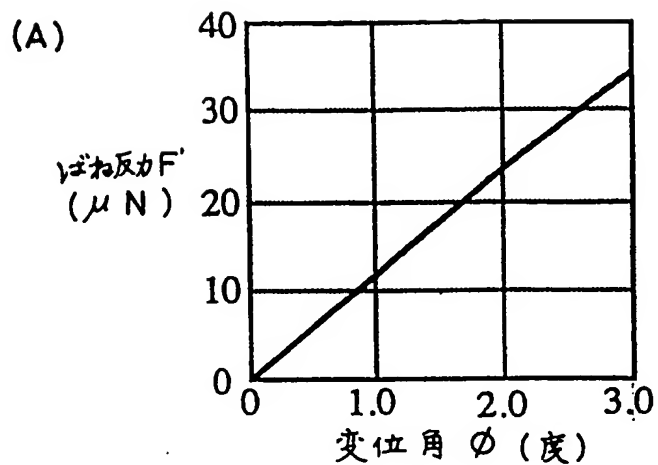


7 / 24

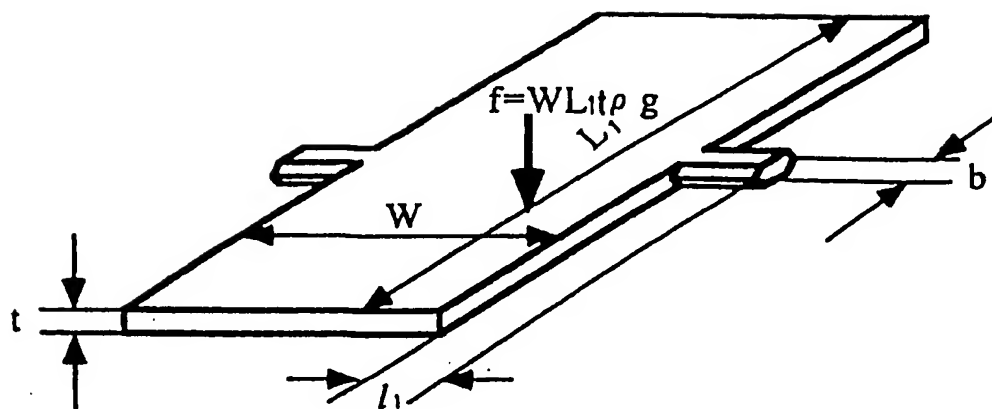
第10図



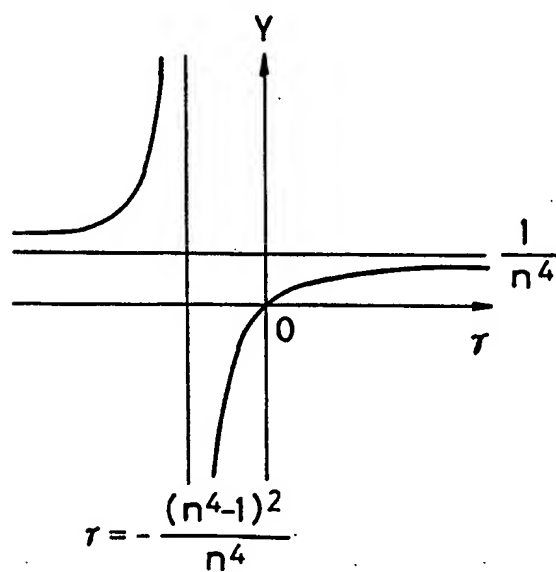
8/24
第11図



9 / 24
第 12 図



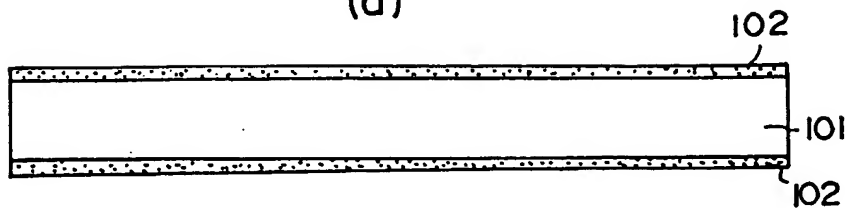
第 13 図



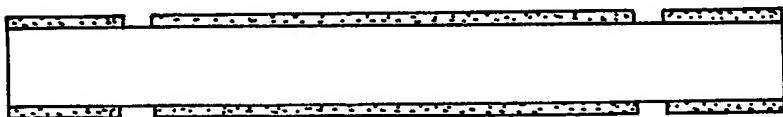
10 / 24

第14図(1)

(a)



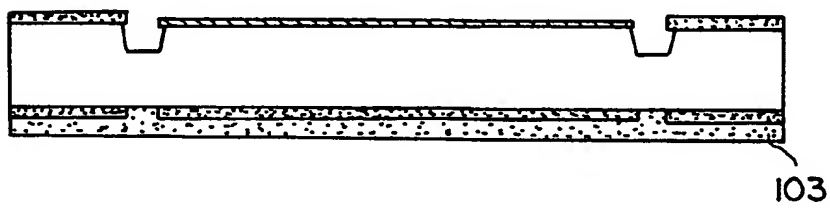
(b)



(c)

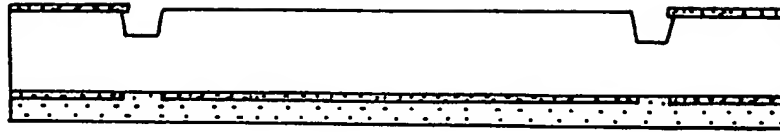


(d)

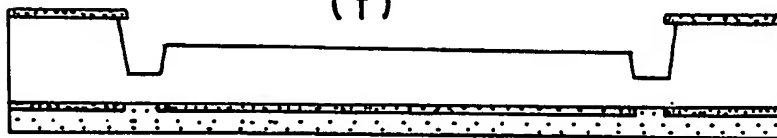


11/24
第14図(2)

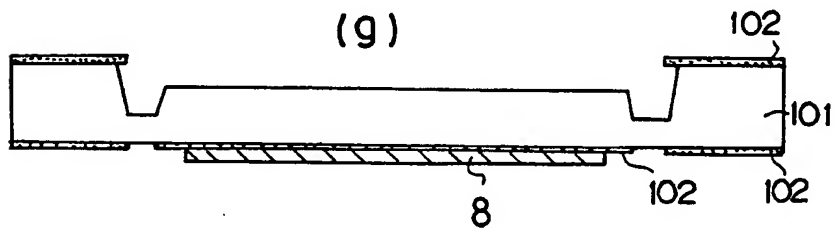
(e)



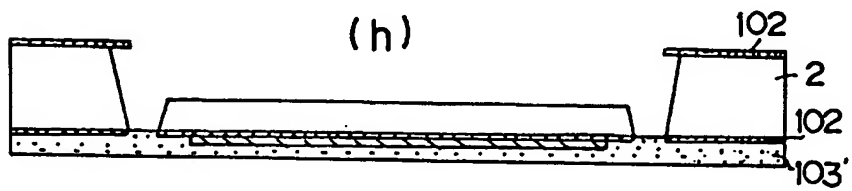
(f)



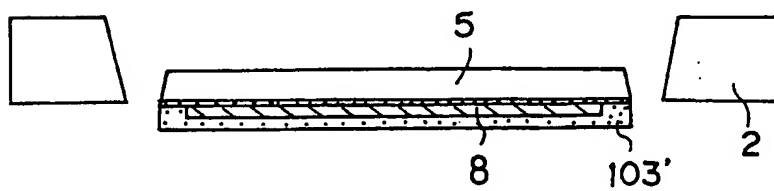
(g)



(h)

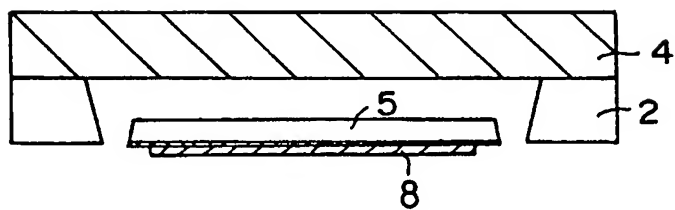


(i)

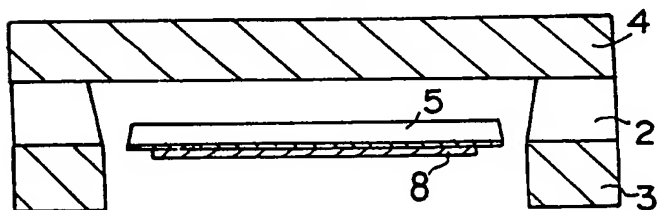


12 / 24
第 14 図 (3)

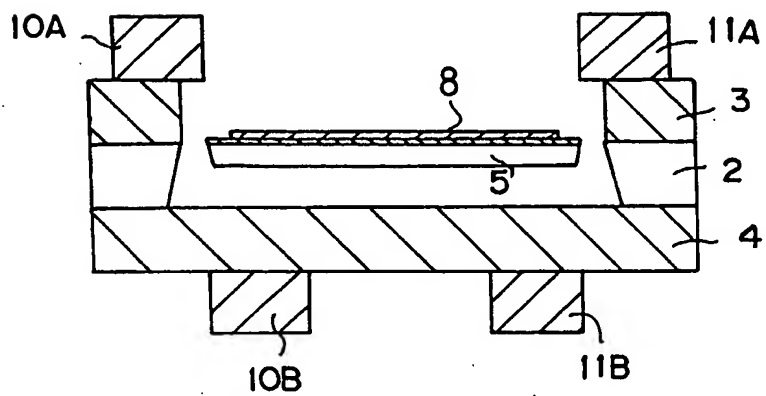
(j)



(k)

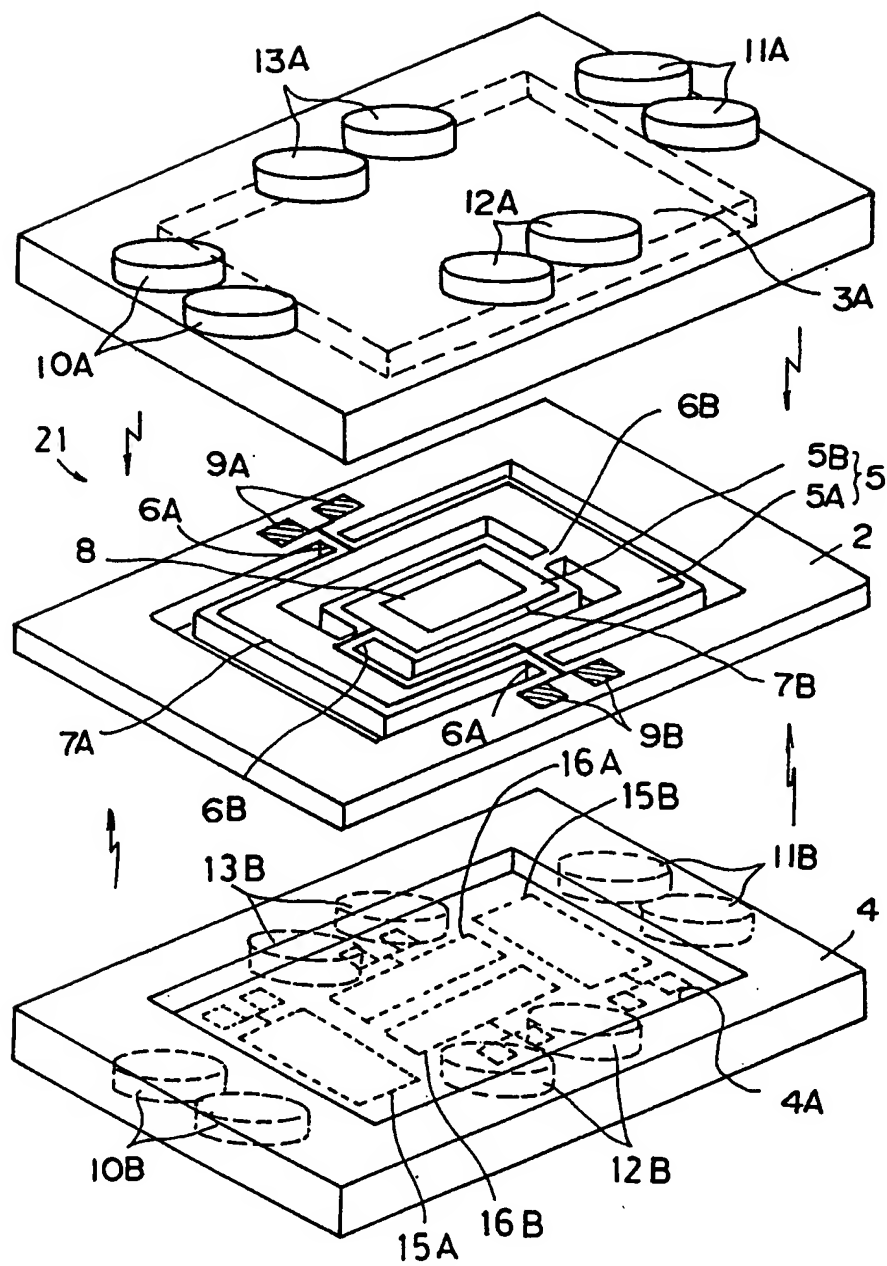


(l)

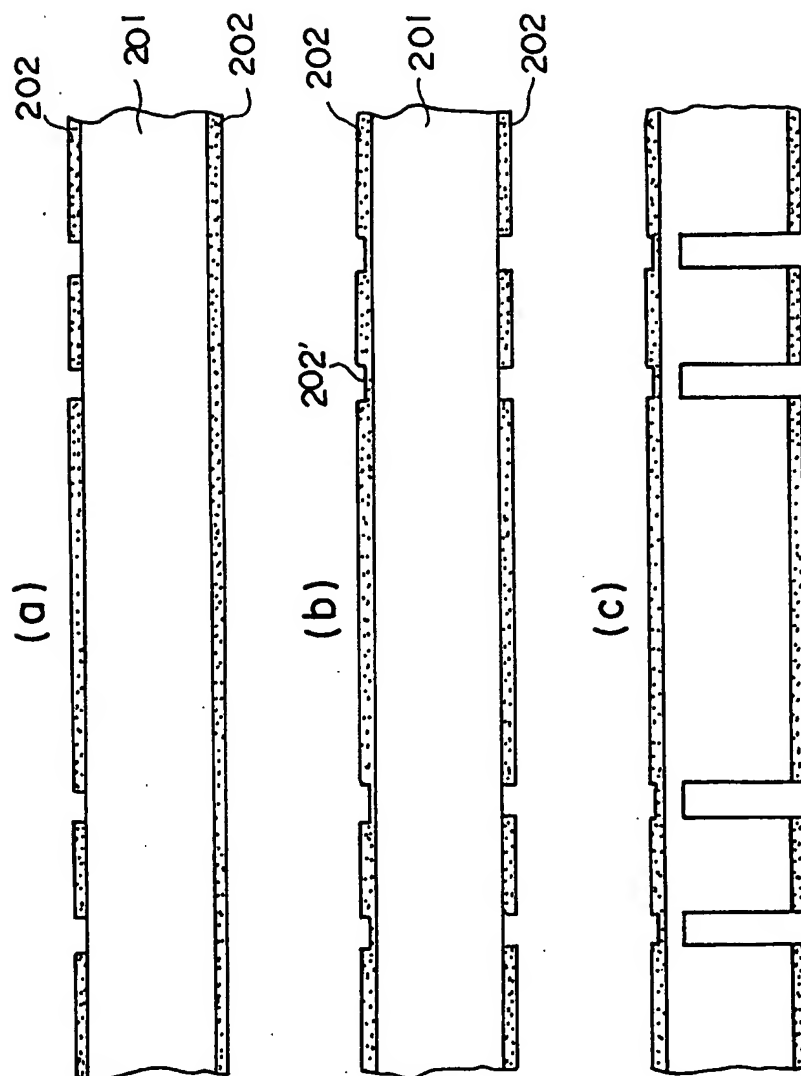


13 / 24

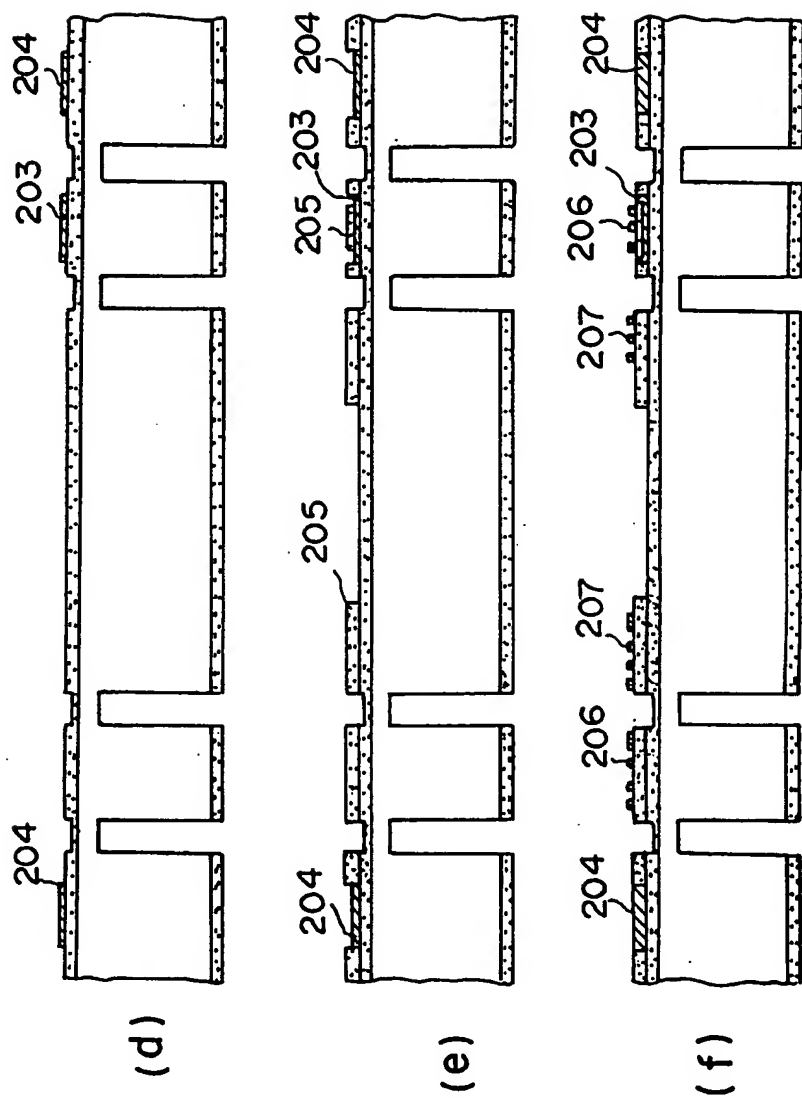
第 15 図



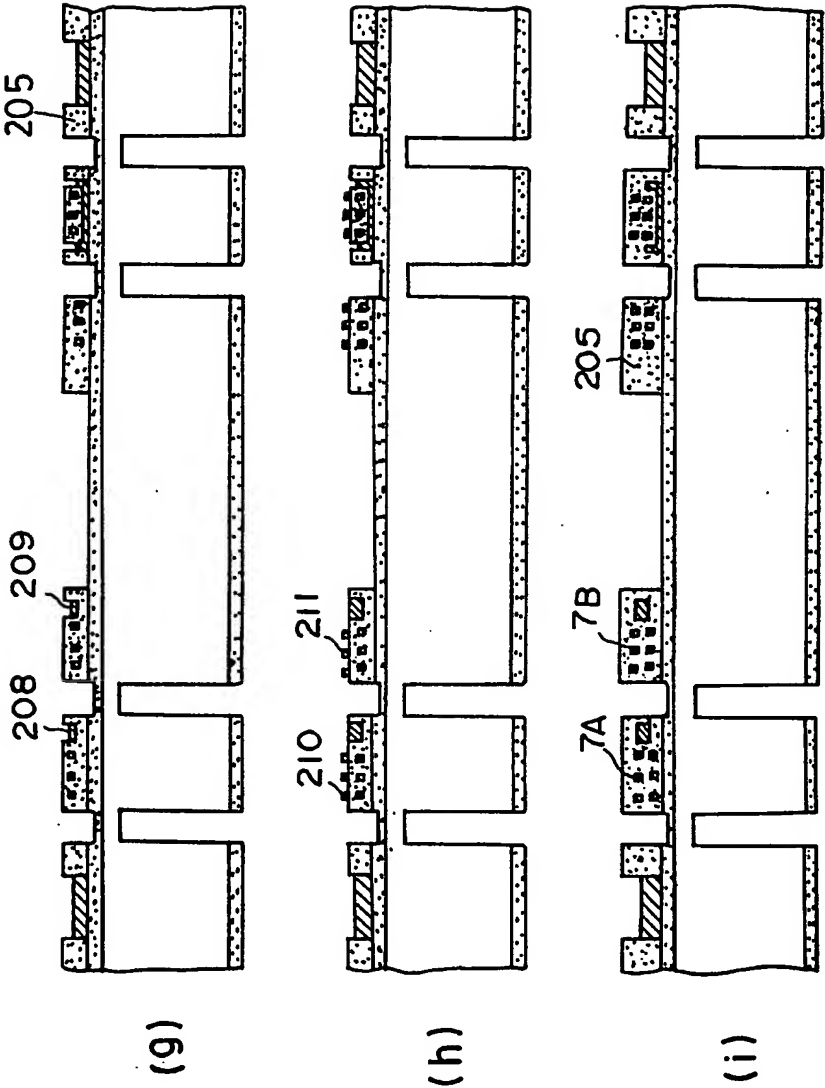
第 16 図 (1)



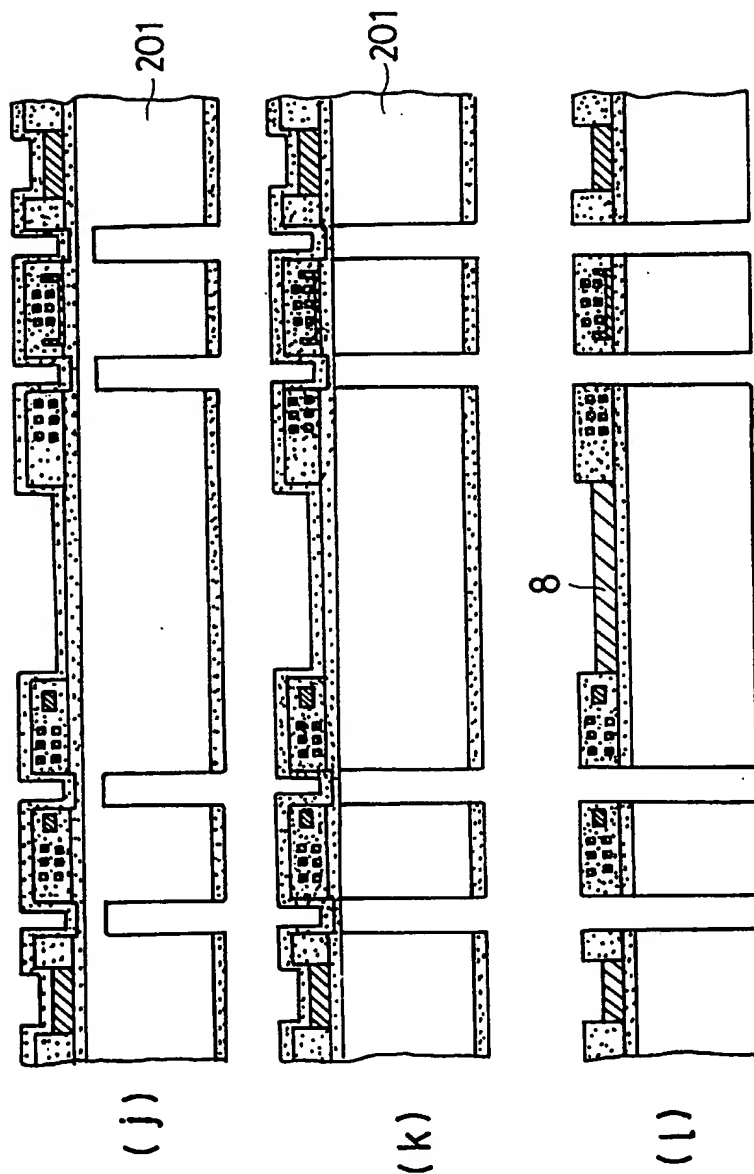
第16図(2)



第16図(3)



第16図(4)



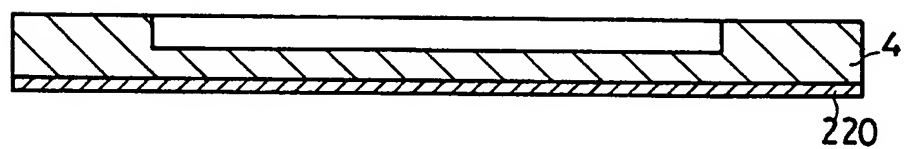
18 / 24

第 17 図

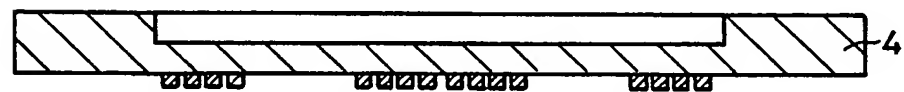
(a)



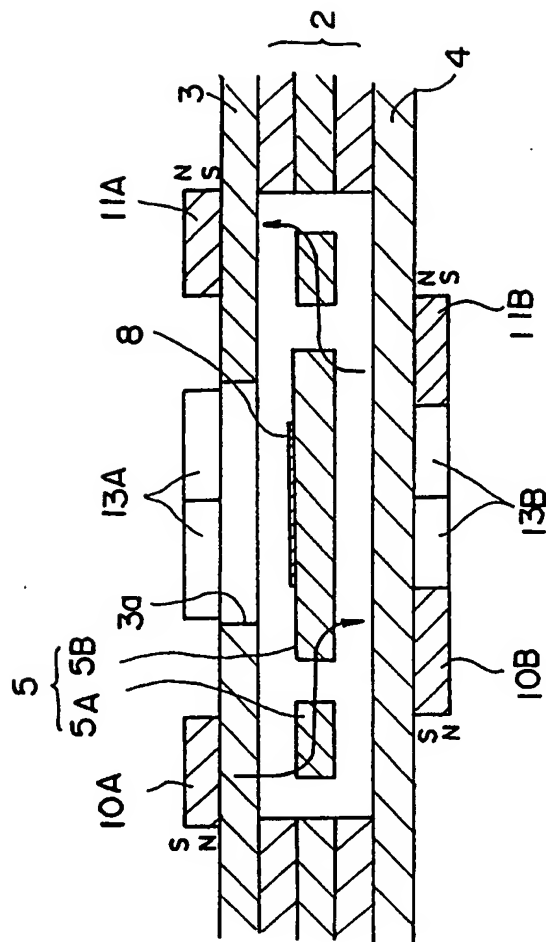
(b)



(c)

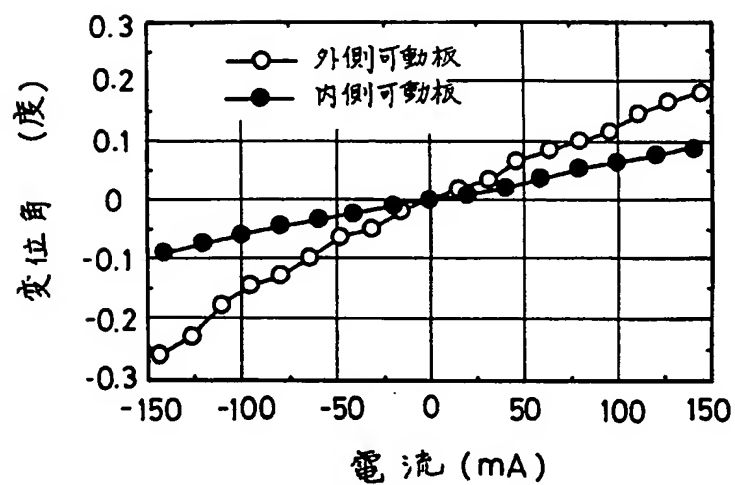


第 20 図

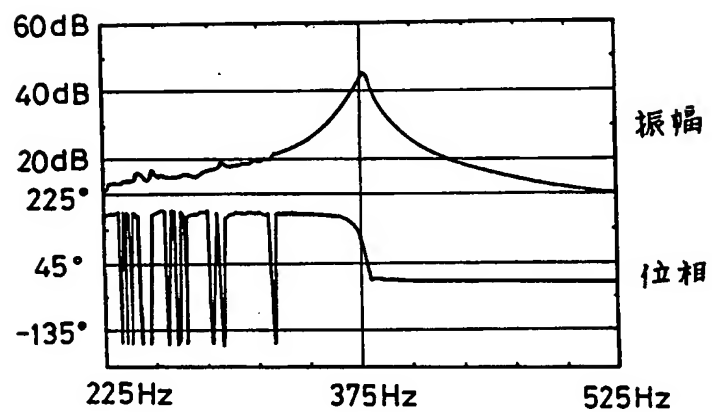


22 / 24

第 21 図

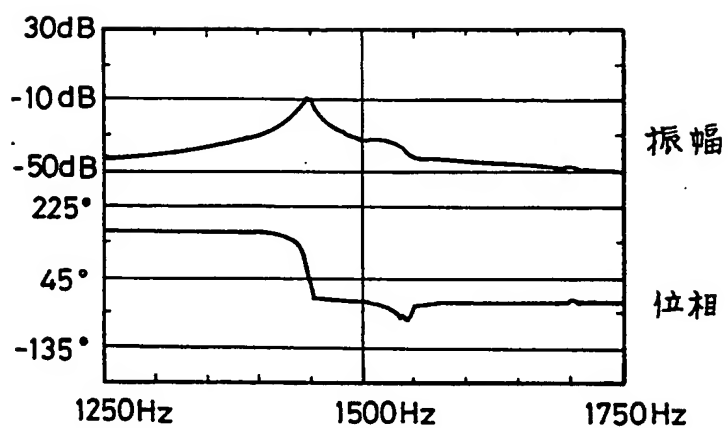


第 22 図

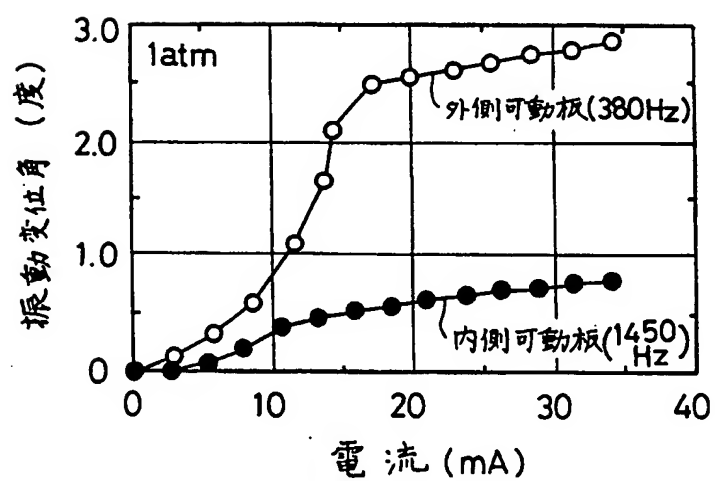


23 / 24

第 23 図

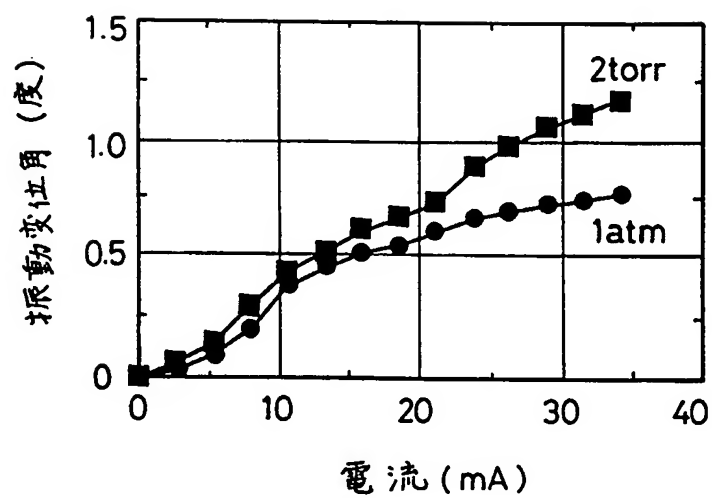


第 24 図

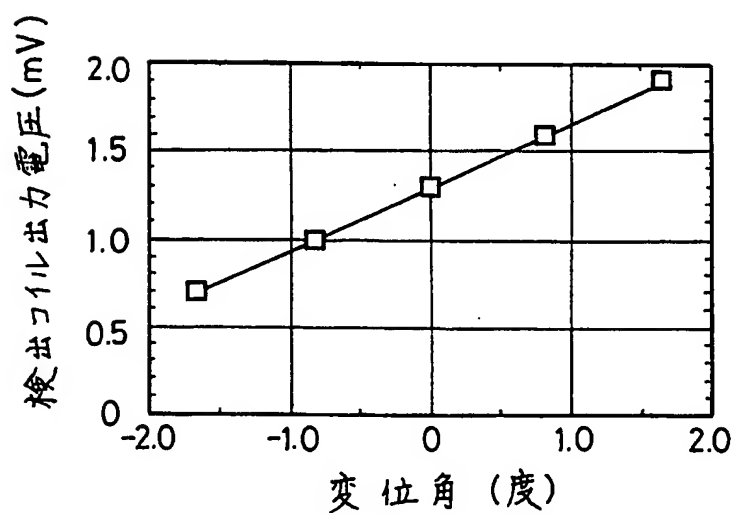


24 / 24

第 25 図



第 26 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP95/00066

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl ⁶ G02B26/10 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int. Cl ⁶ G02B26/10, G01B7/30 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1953 - 1994 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1994 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP, A, 1-195417 (Konica Corp.), August 7, 1989 (07. 08. 89), Lines 5 to 7, upper left column, lines 10 to 15, lower left column, page 2, Figs. 1 to 12	10 1 - 9 11, 12
A	JP, A, 5-60993 (Canon Inc.), March 12, 1993 (12. 03. 93), Line 43, right column, page 2 to line 3, left column, page 3	2
A	Lines 14 to 16, right column, page 3	8
Y	Lines 26 to 32, right column, page 3 (Family: none)	10
Y A	JP, A, 1-297617 (Matsushita Electric Works, Ltd.), November 30, 1989 (30. 11. 89), Lines 1, 2, lower right column, page 4 (Family: none)	10 1 - 9, 11, 12
A	JP, A, 4-211218 (Fuji Electric Co., Ltd.), August 3, 1992 (03. 08. 92),	4 - 7
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search April 6, 1995 (06. 04. 95)		Date of mailing of the international search report April 25, 1995 (25. 04. 95)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP95/00066

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	Line 50, right column, page 2 to line 2, left column, page 3 (Family: none)	
A	JP, A, 1-257916 (Konika Corp.), October 16, 1989 (16. 10. 89), Line 18, lower left column to line 12, lower right column, page 2 (Family: none)	4 - 6
A	JP, A, 58-73802 (Fujitsu Fanuc Co., Ltd.), May 4, 1983 (04. 05. 83) & DE, A1, 3237068, GB, A, 2108081 & US, A, 4466582	1
A	JP, A, 56-140316 (Yokogawa Electric Corp.), November 2, 1981 (02. 11. 81), Line 4, upper right column to line 6, lower left column, page 2 & GB, A, 2075762 & US, A, 4421381	11, 12
Y A	JP, A, 63-225217 (Konika Corp.), September 20, 1988 (20, 09. 88), Lines 13 to 19, lower left column, page 7, line 8, upper left column to line 2, upper left column, page 8 (Family: none)	10 11, 12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl. ⁸ G 0 2 B 2 6 / 1 0		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl. ⁸ G 0 2 B 2 6 / 1 0 . G 0 1 B 7 / 3 0		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1953-1994年 日本国公開実用新案公報 1971-1994年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP, A, 1-195417 (コニカ株式会社), 7. 8月. 1989 (07. 08. 89), 第2頁左上欄5-7行, 同頁左下欄第10-15行, 第1-12図	10 1-9, 11, 12
A A	JP, A, 5-60993 (キャノン株式会社), 12. 3月. 1993 (12. 03. 93), 第2頁右欄第43行-第3頁左欄第3行 第3頁右欄第14-16行	2 8
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
06. 04. 95	25. 04. 95	
名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 吉 野 公 夫	2 K 9 4 1 2
電話番号 03-3581-1101 内線		3 2 5 5

C (続き). 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	第3頁右欄第26-32行 (ファミリーなし)	10
Y A	JP, A, 1-297617 (松下電工株式会社), 30. 11月. 1989 (30. 11. 89), 第4頁右下欄第1. 2行 (ファミリーなし)	10 1-9, 11, 12
A	JP, A, 4-211218 (富士電機株式会社), 3. 8月. 1992 (3. 8月. 92), 第2頁右欄第50行-第3頁左欄2行 (ファミリーなし)	4-7
A	JP, A, 1-257916 (コニカ株式会社), 16. 10月. 1989 (16. 10. 89), 第2頁左下欄第18行-同頁右下欄第12行 (ファミリーなし)	4-6
A	JP, A, 58-73802 (富士通ファナック株式会社), 4. 5月. 1983 (04. 05. 83) &DE, A1, 3237068 &GB, A, 2108081 &US, A, 4466582	1
A	JP, A, 56-140316 (株式会社 横河電機製作所), 2. 11月. 1981 (02. 11. 81), 第2頁右上欄第4行-左下欄第6行 &GB, A, 2075762 &US, A, 4421381	11, 12
Y A	JP, A, 63-225217 (コニカ株式会社), 20. 9月. 1988 (20. 09. 88), 第7頁左下欄第13-19行, 第8頁左上欄第8行- 第8頁右上欄第2行 (ファミリーなし)	10 11, 12